

**Міністерство освіти і науки України
Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького**

На правах рукопису

СОЛОНЕНКО АНАТОЛІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 582.232:581.52

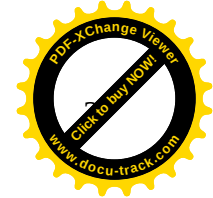
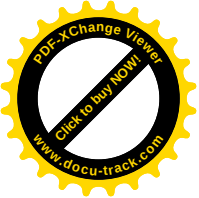
**ВОДОРОСТІ ГІПЕРГАЛІЙНИХ ВОДОЙМ ПІВНІЧНО-
ЗАХІДНОГО УЗБЕРЕЖЖЯ АЗОВСЬКОГО МОРЯ ТА ЇХ
УЧАСТЬ В УТВОРЕННІ МУЛОВИХ СУЛЬФІДНИХ
ПЕЛОЇДІВ**

03.00.05 – ботаніка

Дисертація
на здобуття наукового ступеня
доктора біологічних наук

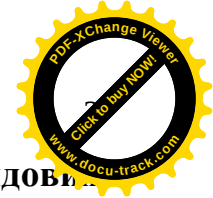
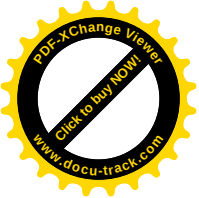
Консультант:
д.б.н., професор Костіков І.Ю.

Мелітополь 2015

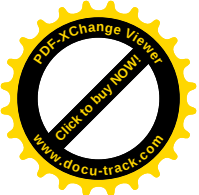


ЗМІСТ

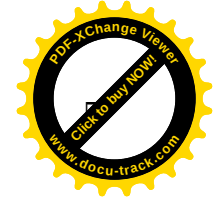
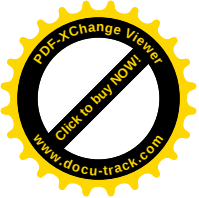
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ВОДРОСТІ ЯК ОДИН ІЗ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ МУЛОВИХ СУЛЬФІДНИХ ПЕЛОЇДІВ.....	14
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЛОЇДІВ ТА УМОВИ ЇХ УТВОРЕННЯ	28
1.1. Термін «пелоїд» і його сучасні тлумачення	28
1.2. Структура та склад пелоїдів	33
1.3. Класифікація пелоїдів	38
1.4. Лікувальні властивості пелоїдів	42
1.5. Мулові сульфідні пелоїди: їх поширення та характеристика.....	46
1.6. Погляди на утворення мулових сульфідних пелоїдів приморського типу генезису	50
РОЗДІЛ 3. ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	54
3.1. Об'єкти й матеріали досліджень	54
3.2. Загальна характеристика полігонів дослідження	56
3.3. Методи дослідження водоростей	79
3.4. Визначення фізико-хімічних властивостей і пелоїдів, води та ropy .	82
3.5. Визначення біологічно активних речовин.....	83
3.5.1. Визначення амінокислот	83
3.5.2. Визначення жирних кислот	85
3.5.3. Визначення гумусових речовин і ферментативної активності.....	86
3.6. Визначення деструкції органічної речовини водоростей	88
3.7. Методи мікробіологічних досліджень	88
РОЗДІЛ 4. ВОДРОСТІ ДОСЛІДЖЕНИХ ПОЛІГОНІВ У МЕЖАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО УЗБЕРЕЖЖЯ АЗОВСЬКОГО МОРЯ	90
4.1. Видовий склад та екологічні особливості водоростей.....	90



4.1.1. Особливості флористичного складу водоростей на рівні надвидових таксонів	90
4.1.2. Біотопічні групи водоростей досліджуваних полігонів	94
4.1.3. Спектр галобності водоростей досліджених полігонів	99
4.1.4. Сапробність водоростей досліджених місцеіснувань.....	103
4.1.5. Ацидофільність водоростей досліджуваних місцеіснувань	110
4.2. Анотований список водоростей гіпергалійних водойм досліджених полігонів північно-західного узбережжя Азовького моря.....	111
4.3. Угрупування водоростей досліджених полігонів	160
РОЗДІЛ 5. ДЕСТРУКЦІЯ ВОДОРОСТЕВОЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ТА ЇЇ УЧАСТЬ В УТВОРЕННІ ПЕЛОЇДІВ.....	183
5.1. Загальні закономірності деструкції водоростевої органічної речовини	183
5.2. Деструкція макроскопічних розростань з домінуванням зеленої водорості <i>Cladophora siwaschensis</i>	190
5.3. Деструкція макроскопічних розростань з домінуванням ціанопрокаріотичної водорості <i>Lyngbya aestuarii</i>	210
5.4. Порівняльний аналіз деструкції макроскопічних водоростевих розростань <i>Cladophora siwaschensis</i> та <i>Lyngbya aestuarii</i>	219
РОЗДІЛ 6. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА САНІТАРНО-БАКТЕРІОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕЛОЇДІВ ПІД РОЗРОСТАННЯМИ ЦІАНОПРОКАРІОТ ТА ЗЕЛЕНИХ ВОДОРОСТЕЙ.....	223
РОЗДІЛ 7. БІОЛОГІЧНО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ ПЕЛОЇДІВ ПІД БЕНТОСНИМИ ВОДОРОСТЕВИМИ РОЗРОСТАННЯМИ З РІЗНИМИ ДОМІНАНТАМИ	234
7.1. Гумусові речовини.....	234
7.2. Ферментативна активність пелоїдів гіпергалійних водойм досліджених полігонів.....	238
7.3. Амінокислотний склад різних бентосних макроскопічних розростань водоростей і пелоїдів під ними.....	243



7.4. Жирнокислотний склад різних бентосних макроскопічних	
розростань водоростей і пелоїдів під ними.....	253
РОЗДІЛ 8. РОЛЬ ВОДОРОСТЕЙ В УТВОРЕННІ МУЛОВИХ	
СУЛЬФІДНИХ ПЕЛОЇДІВ.....	261
ВИСНОВКИ	266
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	270
ДОДАТОК А.....	322
ДОДАТОК Б.....	344

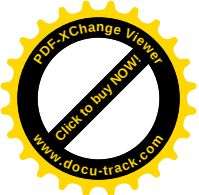


ВСТУП

Актуальність теми. Проблема збереження та раціонального використання природних ресурсів – це ключовий складник глобальної стратегії, визначеної концепцією сталого розвитку людства (Програма дій «Порядок денний на XXI століття») [1]. Одним із цінних природних ресурсів, який широко використовується в бальнеологічній, медичній та рекреаційній практиці, є лікувальні грязі – пелоїди [2]. В Україні найбільшого використання набули мулові сульфідні пелоїди - лікувальні грязі, що видобуваються з родовищ, які пов'язані з солоними водоймами узбережжя Чорного та Азовського морів. Запаси мулових сульфідних пелоїдів в розвіданих родовищах України досить значні - понад 248 млн. м³ [3], проте сам цей природний ресурс є вичерпним, а враховуючи швидкість його утворення лише в геологічних одиницях виміру часу - фактично невідновним.

Широке впровадження наприкінці XIX-початку XX ст. у медичну практику грязелікування спричинило появу класичного визначення терміна «пелоїди» (запропоновано у 1938 р. Міжнародним товариством медичної гідрології – ISMH) як речовин, які утворюються в природних умовах під впливом геологічних процесів і в тонкоподрібненому стані після змішування з водою застосовуються з лікувальною метою у вигляді ванн і місцевих аплікацій [4, 5]. Пізніше, переважно у зв'язку з проблемою забезпечення європейських спа-курортів лікувальними грязями, потребами стандартизації лікувальних субстанцій і зниженням залежності бальнеологічних закладів від родовищ пелоїдів, під останніми почали розуміти також і штучні субстанції, які являють собою бентонітові глини чи їх аналоги, змішані з мінеральною водою відповідного спа-курорту.

Таке трансформоване розуміння пелоїду призвело до виникнення західноєвропейського підходу, пов'язаного, в першу чергу, з оцінкою



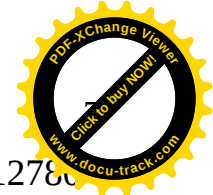
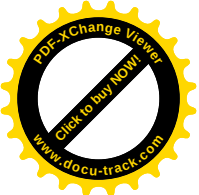
лікувальних властивостей пелоїдів на основі аналізу майже виключно фізико-хімічних показників та ігноруванням самого процесу пелоїдогенезу. Властивості, обумовлені діяльністю біоти, які виникають при утворенні природних пелоїдів, у випадку штучних пелоїдів, з поля зору дослідників випали взагалі.

Погляди на пелоїд як на природну, біокосну систему, збереглися, в першу чергу, у східноєвропейських країнах (зокрема, й в Україні) та в Ізраїлі, де медичне використання саме природних пелоїдів має довгу історію. Вивчення біоти родовищ лікувальних грязей та тих властивостей пелоїдів, які можуть бути зумовлені її діяльністю, призвели у середині ХХ ст. до припущення про суттєву роль водоростей у процесах пелоїдоутворення, зокрема, у солоних приморських водоймах. Воно знайшло відображення у класичній теорії утворення мулових сульфідних пелоїдів, розроблених геологом Л.Я. Яроцьким [6]. Проте механізми впливу водоростей на пелоїдоутворення, умови, за яких водорості виступають агентами цього процесу, залежність якості пелоїдів від складу та структури альгоугруповань, та ціла низка інших альгологічних питань з цієї галузі, залишаються нерозкритими ані в теорії утворення мулових сульфідних пелоїдів Л.Я. Яроцького, ані в інших, пізніших публікаціях.

Тому проблема дослідження ролі водоростей в утворенні мулових сульфідних пелоїдів є актуальною, а її розв'язання має сприяти оптимізації експлуатації існуючих родовищ, прогресу в галузі розвідки нових родовищ, вдосконаленню технологій регенерації відпрацьованих лікувальних грязей, розробки технологій промислового виробництва квазіприродних пелоїдів, що, власне, має зробити природні лікувальні грязі відновним ресурсом.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана в рамках тем наукових досліджень кафедри ботаніки і садово-паркового господарства Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького (№ держреєстрації 0102U001021 – «Рослинний світ: його охорона,

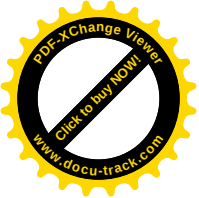


збереження та раціональне використання» (2002-2006 pp.); 0107U01278с «Фіторізноманіття природних та антропогенних ландшафтів півдня України. Охорона, оптимізація і раціональне використання» (2008-2012 pp.); 0113U001521 «Еколого-біологічні особливості функціонування екосистем півдня степової зони України як основа збереження їх біологічного різноманіття» (2013-2015 pp.)), в рамках держбюджетних тем «Використання інтегральних біологічних індикаторів і маркерів в оцінці стану ландшафтного та біологічного різноманіття для організації моніторингу та управління природними комплексами Азово-Чорноморського регіону України» (реєстраційний номер 0109U002205, 2009-2010 pp.), «Інтегральний підхід до використання біологічних індикаторів та маркерів для створення комплексних та спеціальних моніторингових програм з біорізноманіття як складових державної програми моніторингу довкілля та адаптація до регіональних інформаційно-аналітичних центрів моніторингу довкілля в Азово-Чорноморському регіоні України» (реєстраційний номер 0111U000530, 2011-2012 pp.). Матеріали роботи використані в науково-дослідній роботі за договором №20/2006/1289 від 23.05.06 р. «Обґрунтування можливості проведення спеціальних видів геологорозвідувальних і науково-дослідних робіт, обґрунтування можливості промислової розробки природних лікувальних ресурсів для рекреаційного використання в межах гідрологічного заказника державного значення «Молочний лиман».

Мета роботи: на основі комплексного дослідження складу, структури, гідроекологічних особливостей альгоугруповань родовищ мулових сульфідних пелоїдів, процесів деструкції водоростевої біомаси та накопичення основних органічних речовин, встановити роль водоростей у процесі пелоїдоутворення (на прикладі родовищ мулових сульфідних пелоїдів північно-західного узбережжя Азовського моря) та доповнити теорію пелоїдоутворення в частині, що стосується водоростей.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі **завдання**:

- встановити видовий склад, таксономічну структуру, домінуючі



комплекси основних водоростевих угруповань у межах полігонів дослідження північно-західного узбережжя Азовського моря;

- визначити екологічні особливості водоростевих угруповань пелоїдів по відношенню до водного, сольового режимів, сапробності та біотопічної приуроченості; визначити біомасу бентосних і планктонних водоростевих угруповань;

- дослідити швидкість процесу деструкції біомаси основних домінантів бентосних водоростевих угруповань;

- визначити особливості фізико-хімічних властивостей і вміст деяких біологічно активних речовин пелоїдів під найбільш поширеними бентосними водоростевими макроскопічними розростаннями, в межах північно-західного узбережжя Азовського моря;

- з'ясувати значення макроскопічних водоростевих розростань у процесах утворення пелоїдів у гіпергалійних водоймах північно-західного узбережжя Азовського моря.

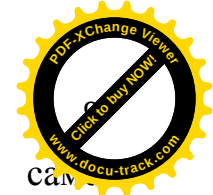
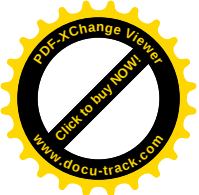
Об'єкт дослідження – водорості гіпергалійних водойм північно-західного узбережжя Азовського моря, де відбуваються процеси пелоїдоутворення.

Предмет дослідження – роль водоростей гіпергалійних водойм північно-західного узбережжя Азовського моря в утворенні мулових сульфідних пелоїдів.

Методи дослідження – польовий, камеральний, морфологічний, метод культур, світлової мікроскопії, статистичного аналізу, спектрофотометричний, мікробіологічний, газова та іонообмінна хроматографія, стандартні методи визначення фізико-хімічних властивостей пелоїдів, води та ропи, метод визначення деструкції органічної речовини водоростей, методи мікробіологічних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів:

- на основі комплексних досліджень альгоугруповань вперше встановлено провідну роль ціанобактеріальних матів в утворенні



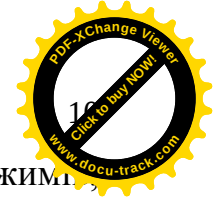
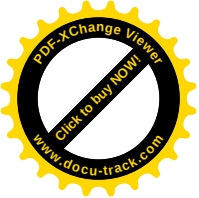
високоякісних мулових сульфідних пелоїдів і показано, що саме макроскопічні розростання певних видів ціанопрокаріот забезпечують: а) формування анаеробних умов, необхідних для мікробної трансформації водоростевої органічної речовини та утворення гідротроїліту; б) консервацію продуктів мікробної трансформації та захист останніх від окислення та ресуспендування; в) накопичення та депонування в пелоїдах органічних речовин, зокрема, амінокислот і ліпідів; г) вертикальну мікстратифікацію пелоїдоутворюючої системи на аеробну оліго-мезосапробну еуфотичну зону, де переважають продукційні процеси, та анаеробну полісапробну зону, де відбуваються, в першу чергу, процеси мікробної трансформації органічної речовини та консервації продуктів такої трансформації;

- уперше показано, що утворення високоякісних мулових сульфідних пелоїдів відбувається в умовах періодичного пересихання гіпергалійних водойм, які зумовлюють провідну роль у процесі пелоїдоутворення саме групи амфібіальних водоростей-ціанопрокаріот;

- суттєво доповнено та уточнено теорію утворення мулових сульфідних пелоїдів Л.Я. Яроцького (1956), зокрема, в частині, що стосується ролі водоростей у цьому процесі. Основні зміни та доповнення стосуються: а) встановлення провідної ролі в утворенні високоякісних мулових сульфідних пелоїдів не планктонних, а бентосних водоростей, здатних до формування амфібіальних угруповань, у першу чергу, певних видів ціанопрокаріот; б) встановлення ролі ціанобактеріального мату як головної системи, що забезпечує при пелоїдоутворенні дію біологічного фактора; в) встановлення бар'єрної та консервуючої функції ціанобактеріальних матів; г) уточнення гідрологічних та гідроекологічних умов, за яких відбувається пелоїдоутворення;

- виділено основні водоростеві угруповання в межах полігонів дослідження північно-західного узбережжя Азовського моря, встановлено їхній видовий склад, таксономічну структуру і домінуючий комплекс;

- встановлено відношення водоростей гіпергалійних водойм, де відбувається



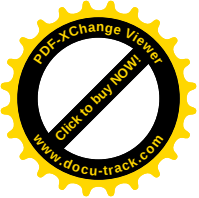
утворення мулових сульфідних пелоїдів, до водного та сольового режиму, режиму сапробності, біотопічної приуроченості;

- встановлено, що процес деструкції органічної речовини водоростей відбувається із різною швидкістю та за участю різних груп бактерій-деструкторів, залежно від домінантного складу водоростей;
- уперше показано суттєві відміни у швидкості деструкції мортмаси зелених водоростей і ціанопрокаріот та продемонстровано можливий зв'язок швидкості цього процесу з бар'єрною функцією ціанобактеріальних матів в процесі пелоїдоутворення.

Практичне значення одержаних результатів.

Встановлення провідної ролі ціанобактеріальних макроскопічних розростань в утворенні високоякісних мулових сульфідних пелоїдів і з'ясування основних механізмів впливу цих розростань на процес пелоїдоутворення дозволяє, з одного боку, розпочати науково-дослідні та дослідно-конструкторські розробки технології виробництва квазіприродних пелоїдів; з іншого - вдосконалити технології отримання штучних пелоїдів для надання їм низки лікувальних властивостей, притаманних лише природним пелоїдам. Крім того, результати роботи можуть бути використані для оптимізації процесу розвідки нових родовищ мулових сульфідних пелоїдів, розробки рекомендацій щодо режиму експлуатації існуючих родовищ (зокрема, в частині, що стосується заходів для запобігання окисленню гідротроїліту й ресуспензії і подальшому окисленню біологічно активних речовин пелоїдів), покращення технологій регенерації відпрацьованих лікувальних грязей, здійснення моніторингу родовищ пелоїдів на території Північного Приазов'я та Причорномор'я.

Отримані результати вже використовуються в моніторингу, що здійснюється Приазовським національним природним парком та увійшли до Літопису природи парку. Результати дослідження складу альгоугруповань доповнюють відомості про різноманіття водоростей України та будуть враховані під час підготовки відповідних флористичних зведень і проведенні

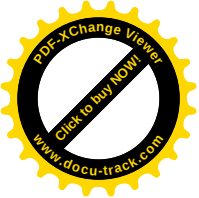


науково-дослідних робіт біоіндикаційного спрямування.

Результати досліджень використовуються в навчальному процесі вищих начальних закладів України.

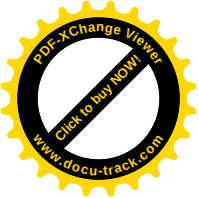
Основне положення, яке виноситься на захист. Утворення високоякісних мулових сульфідних пелоїдів потребує виконання двох умов - необхідної, пов'язаної з фізико-хімічними процесами та гідрологічним режимом, та достатньої, пов'язаної з біологічним, у першу чергу - водоростевим, компонентом. Необхідною умовою є надходження в мілководну солону водойму зі змінним гідрологічним режимом, який включає фази розпріснення, випаровування та пересихання, певної кількості мінеральних часток, що утворюють грубодисперсний остов і неорганічну складову тонкодисперсного комплексу. Достатньою умовою є наявність на дні водойми макроскопічних розростань певних видів амфібіальних ціанопрокаріот, що формують альгобактеріальні комплекси (мати та біоплівки), які стратифікують пелоїдоутворюючу систему на аеробну оліго-мезосапробну та анаеробну полісапробну зону і не лише продукують органічну речовину, а й створюють умови для її мікробної трансформації, утворення органічних біологічно активних речовин та гідротроїліту, зумовлюють консервацію цих продуктів, їх захист від окислення атмосферним або розчиненим у ропі киснем. У разі відсутності достатньої умови високоякісні пелоїди не утворюються.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням автора. Обґрунтування теми дисертації, визначення напрямів і методів роботи, планування роботи, польові дослідження, альгологічна обробка зібраного матеріалу, опрацювання отриманих даних, їх аналіз та узагальнення виконані безпосередньо дисертантом. Вимірювання вмісту амінокислот і жирних кислот виконано на замовлення автора для відібраних ним зразків в Інституті біохімії імені О.В. Паладіна НАН України старшим науковим співробітником відділу біохімії ліпідів В.М. Клімашевським та головним інженером-дослідником лабораторії оптичних методів дослідження



М.П. М'ясниковою. Визначення відповідності контрольних зразків приазовських пелоїдів, стандартним показникам, виконано на замовлення автора для відібраних ним зразків у хіміко-аналітичній і центрально-дослідницькій лабораторіях Сакської гідрогеологічної режимно-експлуатаційної станції І.А. Безменом. Експерименти з визначення швидкості деструкції мортмаси водоростей, визначення вмісту гумінових речовин, ферментативної активності виконані на базі лабораторії альгоекологічних досліджень наземних та водних екосистем і лабораторії біохімічних досліджень МДПУ імені Б. Хмельницького під керівництвом дисертанта сумісно з доцентом кафедри органічної та біологічної хімії МДПУ імені Б. Хмельницького В.О. Хромишевим, асистентами кафедри ботаніки МДПУ імені Б. Хмельницького С.О. Яровим та О.Г. Бреном при рівній пропорційній участі. У публікаціях, виданих у співавторстві, здобувач є головним або одним із головних членів творчого колективу, права співавторів не порушені.

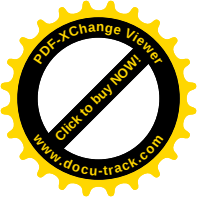
Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи були апробовані на засіданні відділу фікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, а також доповідалися на численних наукових зібраннях: Міжнародній конференції «Актуальные проблемы современной альгологии» (Харьков, 20-23 апреля 2005); International Conference Kaniv Nature Reserve (Kaniv, September 27-30, 2005), I Всероссийской научно-практической конференции (Уфа, 16-18 ноября 2006), Міжнародній конференції «Біологія ХХІ століття: теорія, практика, викладання» (Черкаси – Канів, 1-4 квітня 2007), Міжнародній конференції «Biology and taxonomy of green algae» (V Congress Center of the Slovak Academy of Sciences Smolenice-Castle, Slovakia, June 25-29, 2007); Міжнародній конференції «Современные проблемы альгологии» (Ростов-на-Дону, 9 - 13 июня 2008); Міжнародній конференції «Актуальные проблемы современной альгологии» (Киев, 26-28 мая 1999); Всероссийском симпозиуме с международным участием «Современные проблемы физиологии, экологии и биотехнологии микроорганизмов» (Москва, 24-27



декабря 2009), II Всероссийской конференции (Сыктывкар, 5-6 октября 2009).

Публікації. За результатами дослідження опубліковано 37 наукових праць загальним обсягом 22,4 д.а.: 1 монографію у співавторстві (12,3 д.а.); 28 наукових публікацій, з яких у в іноземних виданнях та наукових фахових виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз - 4 (1,08 д.а., з них 0,9 д.а. - авторські); у наукових фахових виданнях України – 22 (4,375 д.а., з них авторські - 3,9); у наукових виданнях, які не включені до переліку фахових видань України і входять до міжнародних баз даних - 1 (0,375 д.а., з них авторські – 0,25), матеріалів і тез доповідей на наукових конференціях - 9.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, восьми розділів основної частини, висновків, списку використаних літературних джерел (491 найменування, з них 277 українською та російською, 214 іноземними мовами) та двох додатків. Повний обсяг дисертації становить 347 стор., з них основний текст займає 268 стор. Робота ілюстрована 56 рисунками (діаграми, картосхеми, фотографії), 19 таблицями даних.



РОЗДІЛ 1

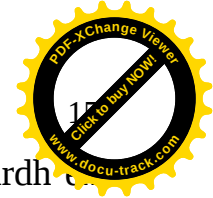
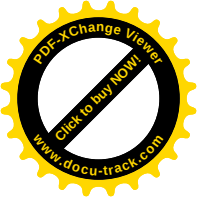
ВОДРОСТІ ЯК ОДИН ІЗ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ МУЛОВИХ СУЛЬФІДНИХ ПЕЛОЇДІВ

Перші відомості про водорості родовищ мулових сульфідних пелоїдів датуються другою половиною XIX ст. Так, у 1870 р. з'являється повідомлення про розвиток у планктоні Сакського лікувального озера зеленої гіпергалійної планктонної водорості *Dunaliella salina* (Dunal) Teodor., а 15 роками пізніше – про знайдену в мулі озера *Ulva* sp. [7]. До початку закачування морської води в Сакське озеро (1917 р.) Б.В. Перфільєв у складі домінантного комплексу планктону Заводського та Курортного басейнів визначив *Asteromonas gracilis* Artari 1913, *Dunaliella salina* та *D. viridis* Teodoresco, 1905, а в бентосі – неідентифікованих за видом представників родів *Aphanothece* Nägeli 1849 й *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont [8].

К.Г. Мейєр за результатами експедиції 1914 р. дав досить детальну характеристику флори та планктонних і бентосних альгоугруповань Сиваша, описавши при цьому новий вид зелених водоростей – *Cladophora siwashensis* К.І. Меу. 1922 [9]. Цей вид, як свідчать подальші дослідження [10-11], надзвичайно поширений у водоймах родовищ приморських та ряду аталасогенних пелоїдів і як домінант часто відіграє провідну роль у продукуванні органічної речовини солоних озер.

Проте початок формування уявлень про роль водоростей в утворенні лікувальних грязей припадає на 20-і роки XX ст. і пов'язаний, у першу чергу, з дослідженнями мікробіолога та альголога академіка Б.Л. Ісаченка, проведеними на кримських таласогенних родовищах Сакського та Чокракського озер і на аталасогенних озерах Великий та Малий Тамбукан Кавказьких мінеральних вод [12].

Альгологічні дослідження дна Великого Тамбуканського озера, здійснені Є.М. Балахонцевим [13] свідчили про наявність на мілководдях



поблизу берегів товстого шару ціанопрокаріот із родів *Lyngbya* C.Agardh та *Gomont* 1892, *Phormidium* Kütz. ex Gomont 1892. Ці розростання, які отримали назву «шкіра», в середині озера заміщуються «повстю» [13].

«Повсть» завтовшки 0,5-2 см знаходиться поверх шару щільної лікарської грязі і складається з ниток *Vaucheria* De Candolle 1801. При видобутку грязі вона відкидається. Поверх «повсті» залягає шар пухкої грязі (до 13-15 см), яка не має щільної консистенції та типової для пелоїду будови. До її складу входять залишки комах, личинок і лялечок *Artemia*, ціанопрокаріоти (представники роду *Lyngbya*) та ін. складники різного походження, що наносяться на «повсть» унаслідок осадження й беруть участь у процесі грязеутворення.

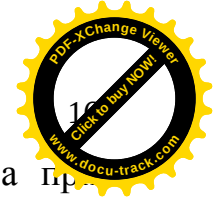
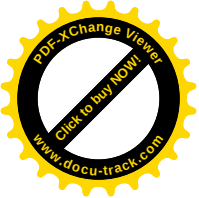
Б.Л. Ісаченко підкреслює, що грязь під шаром водоростей захищена від шкідливих впливів й окиснення, на відміну від ділянок, де водоростей немає [12].

“Повсть” із Великого Тамбуканського озера, на прохання Б.Л. Ісаченка, була ідентифікована С.М. Вислоухом як *Vaucheria dichotoma* f. *marina* Hauck 1884 [12]. До складу «повсті», крім *V. dichotoma* f. *marina*, входив ще один вид *Vaucheria* sp. та неідентифікований представник родини *Ulotrichaceae*.

Нитки *Vaucheria* переплетені й утворюють із гряззю щільну масу, яку можна розділити на окремі великі пласти лише доклавши зусилля.

Досить міцною є й «шкіра», утворена із видів ціанопрокаріот і розташована вздовж берегової лінії по мілководдях [13]. Її товщина 0,5-1 см, складається вона з *Microcoleus chthonoplastes* (Fl. Dan.) Thur. 1875. Супутніми організмами є види *Oscillatoria* sp., *Dunaliella salina*, *Chlamydomonas* sp. Крім того, до складу «шкіри» входять безбарвні та забарвлені бактерії, які, як відомо [14-16] утворюють певні функціональні зони в ціанобактеріальних матах.

Ще одним видом поверхневих водоростевих розростань, описаних на матеріалі озера Малий Тамбукан, є кірка (плівка). Вона утворюється під час обводнення пересохлих ділянок озера після дощів, танення снігів, коли

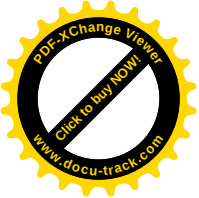


водорості інтенсивно ростуть і утворюють плівки, що плавають, а при висиханні – залишаються по берегах і на пересохлому дні. Кірка складається, як визначив О.О. Єленкін, переважно із ціанопрокаріот і передусім – *Lyngbya aestuarii*. Під цими плівками під час обводнення відбуваються інтенсивні процеси деструкції органічної речовини з виділенням сірководню [12]. Плівки водоростей, під якими спостерігаються процеси з виділенням сірководню, виявлені також на озері Гниле (Сасик) біля Євпаторії, на Сиваші [17-18].

Підбиваючи підсумок альгологічним дослідженням солоних озер, в яких відбувається утворення лікувальних грязей, Б.Л. Ісаченко доходить висновку, що в Тамбуканському озері головну роль в утворенні лікувальної грязі відіграють ціанопрокаріоти [12].

З 1930-х років продовжуються дослідження Сакського озера. У 1930-32 рр. Ю.В. Первольфом [7] розглядалася можливість участі водоростей у формуванні лікарських грязей. Так, у Сакському озері вчений виявив 13 видів водоростей із трьох відділів – *Cyanoprocarvota*, *Chlorophyta* та *Bacillariophyta*. На жаль, Ю.В. Первольф не вказав, у якому басейні і в якому угрупованні траплялися ці види. Дані Ю.В. Первольфа про роль *Aphanothece salina* Elenkin et Danilov 1915 та *Chlorogloea sarcinoides* (Elenkin) O.V.Troick. 1928 в утворенні лікарських грязей пізніше як класичний приклад були наведені в багатотомному виданні «Основи курортологии» [19]. А.О. Разумов (1934) виявив у Сакському озері галофільну водорість *Microcoleus chthonoplastes* та обговорював питання про важливість застосування водоростей при видобутку солі з ропи солоних озер Криму [20].

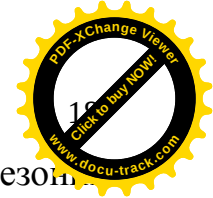
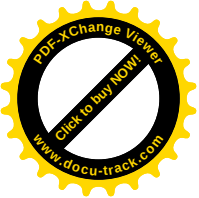
Цитуючи Б.В. Перфільєва [8], С.І. Кузнецов підкреслює, що походження пелоїдів тісно пов'язане з біологією всієї водойми [19]. Крім того, він зазначає, що органічні грязі утворюються найчастіше у водоймах середньої лісової смуги, де активно відбуваються процеси утворення автохтонної органічної речовини завдяки фотосинтезу фітопланктону. При незначній глибині водойм і помірно вираженій солоності спостерігається утворення



неорганічних грязей материкових озер. Виявлено, що при слабкому розвитку фітопланктону часто посилено розвиваються нитчасті водорості на поверхні мулу, які при своєму розпаді під час біологічних процесів редукції сульфатів і є джерелом органічної речовини. Водорості утворюють мікрозону наростання [19] – тонкі біологічні плівки, які, за спостереженням С.І. Кузнецова, досить чітко було видно на поверхневому шарі грязі в східній частині Сакського озера. Склалися вони з *Aphanothese* sp. та *Oscillatoria* sp.

У 60-х роках XX століття Н.П. Масюк детально вивчила склад і закономірності розвитку видів роду *Dunaliella* в озерах Євпаторійської групи, у тому числі Сакського озера. Результатом досліджень стала розробка та впровадження на Сакському солепромі технології промислового культивування водорості *D. salina* як цінного й продуктивного каротиноносу [21].

Планомірне та всебічне дослідження альгофлори озера Саки було почато лише в 1966 р. – у перший рік стійкого опріснення ропа. В.Г. Дев'яткін, який був членом комплексної гідрогеологічної експедиції, вивчив не лише видовий склад водоростей усіх басейнів і Михайлівського озера, але й виконав перші описи основних альгоугруповань озера, вперше зареєстрував появу в озері видів роду *Cladophora* Kütz., бентосних розростань діатомових водоростей, описав морфологію та розглянув походження крупкоподібних нагонів. Вчений уперше визначив запас біомаси макрофітів в озері, за карбонатами зробив першу оцінку продуктивності видів роду *Cladophora*, провів експерименти щодо впливу солоності на різні водоростеві ценопопуляції озера. На жаль, ці дані не були опубліковані й залишилися лише в матеріалах звіту експедиції, наданих Сакській гідрогеологічній режимно-експлуатаційній станції (ГГРЕС) [22, 23]. У 1984 р. В.І. Щербак [14] досліджував склад, чисельність і біомасу фітобентосу Східного басейну. Дані про виявлену дослідником у Сакському озері криптофітову водорість *Cryptomonas stigmatica* Wislouch 1924 наведені у «Визначнику прісноводних водоростей Української РСР» [24].



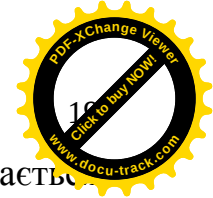
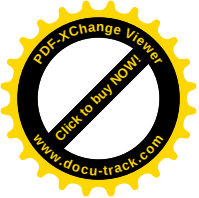
З 1985 р. до 1990 р. М.А.Голуб [25] проводила щосезонні спостереження за складом і чисельністю фітопланктону. Усього дослідниця виявила в планктонних угрупованнях Східного та Західного басейнів близько 40 видів водоростей із шести відділів: Cyanoprocaryota, Chlorophyta, Euglenophyta, Cryptophyta, Dinophyta і Bacillariophyta.

На основі досліджень первинної продукції фітопланктону, які виконувалися в останньому десятиріччі XX століття [26], було зроблено спробу скласти баланс органічної речовини в озері. Встановлено, що в планктоні обох басейнів озера деструкція перевищує продукцію, концентрація органічної речовини в товщі ропи є нижчою від критичної, при якій вона осідає на дно, внаслідок чого дослідники дійшли досить поспішного, на наш погляд, висновку про те, що в озері (Східний басейн) відбувається процес, протилежний мулонакопиченню – ресуспензія, а грязеутворення припинилося через те, що органічна речовина не надходить до мулу. При цьому з поля зору дослідників випала роль бентосних угруповань і угруповань макрофітів у продукційних процесах в озері.

Таким чином, у літературі й матеріалах, що є в розпорядженні Сакської ГГРЕС, наводяться 92 назви водоростей, виявлених у Сакському озері. Близько 40% назв належать до таксонів, визначених лише до роду. Загалом, із досить високою мірою достовірності, було виявлено 56 видів водоростей із відділів Cyanoprocaryota (11 видів), Chlorophyta (12), Euglenophyta (1), Cryptophyta (2), Dinophyta (1), Bacillariophyta (29).

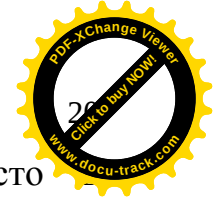
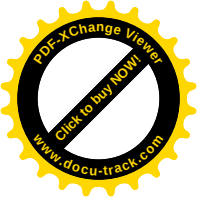
Ще одним досить дослідженим в альгологічному плані є озеро Сиваш. Водорості Сиваша, крім К.Г. Мейєра [9-10], вивчали А.І. Прошкіна-Лавренко [11], Іванов О.І. [17], Владимірова К.С. [27].

Характеризуючи мули Криму, дослідники [28] вказують, що водорості є одним із матеріалів, що беруть участь у мулоутворенні. Серед мулоутворювачів називаються, зокрема, такі водорості: *Cladophora crispata* (Roth) Kütz. 1843, *Bryopsis plymosa* (Huds.) C. Agardh 1823, багрянки. У північній частині Східного Сиваша домінантами є *Cladophora crispata*,



Bryopsis plymosa. У східній частині Середнього Сиваша рясно розвивається *Cladophora crispata*, для неї найбільш сприятлива солоність – 50-75‰. У водоймі Середнього Сиваша наявні зелені водорості *Enteromorpha intestinalis* (L.) Nees 1820 і *Cladophora siwaschensis*, що відмирають і спливають завдяки бульбашкам кисню. Найпоширенішими в Сиваші діатомовими водоростями є *Nitzschia sigma* (Kütz.) W.Sm. 1853, *N. apiculata* (W.Greg.) Grunow 1880, *Pleurosigma angulatum* (E.J. Queckett) W.Sm., 1852, *Gyrosigma balticum* (Ehrenb.) Rabenh. 1853, *Surirella fastuosa* (Ehrenb.) Ehrenb. 1843, *Coscinodiscus oculus* (Ehrenb.) Ehrenb. 1840, *Amphora proteus* W. Greg. 1857, *Am. coffeaeformis* (C.Agardh) Kütz. 1844 та ін. *Campylodiscus* Ehrenb. ex Kütz., 1844 і *Coscinodiscus* Ehrenb. 1839 і деякі *Navicula* Bory 1826 трапляються лише при солоності до 20‰. *Pleurosigma angulatum* виявлено в ділянках Сиваша із солоністю ропи до 58‰, а *Nitzschia tenuirostris* Mer. – до 93‰. В умовах високої солоності досить різноманітними є ціанопрокаріоти. Деякі з них (*Spirulina subsalsa* Oersted 1842) поширені майже по всьому Сивашу (10-110‰), інші трапляються тільки в Генічеській водоймі при солоності 20‰ (*Lyngbya aestuarii* і *L. confervoides* C.Agardh ex Gomont, 1893). Найбільш характерні із ціанопрокаріот для високих концентрацій (110-120‰) – *Synechococcus aeruginosa* var. *salina* K.I. Mey. і *Microcoleus chthonoplastes* [26].

У різних частинах Сиваша масового розвитку набувають певні види водоростей, що зумовлено солоністю середовища. У воді із солоністю від 10-140‰ трапляється *Cladophora siwaschensis*, яка утворює значні розростання. При солоності 80-160‰ в лагунах Сиваша [18] дно вкривається ціанобактеріальним матом, у верхньому шарі якого домінує *Microcoleus chthonoplastes* завтовшки 1-2 мм. Нижче знаходиться слизистий шар завтовшки 1 мм, представлений флексібактеріями, які розкладають целюлозу, та різноманітними трихомними бактеріями. Далі йде рожевий шар із пурпурними бактеріями. За пурпурним шаром спостерігається міцний сульфідизований шар чорного кольору – зона розвитку облигатних анаеробів.



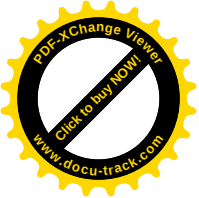
Він покриває залишки водоростей. Крім того, достатньо часто ціанобактеріальному маті трапляються плівкові розростання *Lyngbya aestuarii* та *Spirulina tenuissima* Kütz. 1836. До складу ціанобактеріального мату, крім ціанопрокаріот, також входять *Chloroflexi*, *Spirochaetes*, *Protobacteria*, *Bacterioletes* та *Firmicutes* [14, 15, 29].

Д.В. Микулич із групою вчених [30] досліджувала хімічний склад штормових викидів гіпергалійних водойм Сиваша для того, щоб з'ясувати можливість отримання з них стабілізаторів харчового, кормового й технічного призначення. Як зазначають дослідники, унаслідок штормів на берегах накопичується велика кількість таломів мікроводоростей, у тому числі – ціанопрокаріот.

У 2000 році І.І. Маслов [18], описуючи макрофітобентос Сиваша, констатує домінуючу роль у фітоценозах *Cladophora siwaschensis*. Крім того, в його праці вказано види *Ulotrix flacca* (Dillwyn) Thur. in Le Jol. 1863, *Enteromorpha ahlneriana* Bliding 1944, *En. linza* (L.) J. Agardh 1883, *Cladophora liniformis* Kütz. 1849, *Ectocarpus confervoides* Le Jol. 1863, *Lophosiphonia obscura* (C. Agardh) Falkenberg in Schmitz & Falkenberg 1897.

У 2003 році Л.М. Герасименко, Л.Л. Матюшина, Б.Б. Намсараєв [31] представляють детальний опис макро-, мікроструктури та видового складу алкалофільного мату лужного озера Хілганта (Бурятія) й порівнюють із раніше описаним галофільним матом із лагун озера Сиваш. Домінантом в обох матах є *Microcoleus chthonoplastes*.

Б.Л. Ісаченко [12] в сульфатному озері Кучук (Алтайський край, Росія) (солоність 170-190‰) виявляє масовий розвиток ціанопрокаріоти *Dzensia salina* Woron. 1929. Вона утворює на дні озера досить товстий шар, який під час штормів викидається на берег, покриваючи його на декілька метрів і цементуючи пісок. Після висихання водоростевий шар розтріскується в різних напрямках, утворюючи полігональні видовжені блоки. Можна припустити, що *Dzensia* Woron. 1929 відіграє таку ж роль у грязеутворенні, як *Microcoleus chthonoplastes* в інших солоних озерах [12].

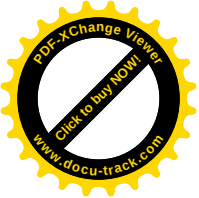


У хлоро-магнієвому озері Ярове (Алтайський край, Росія) (солоність 170-190‰) спостерігалися смуги позеленілого піску внаслідок масового розвитку *Chlorogloea sarcinoides*. Б.Л. Ісаченко зазначає, що раніше вона була відома з кримських і оренбурзьких озер [32]. Значний розвиток водоростей, за спостереженнями Б.Л. Ісаченка, відбувається й на інших солоних озерах [32], а особливо інтенсивно розвивається *Anabaenopsis* sp. Б.Л. Ісаченко [12] підкреслює, що в результаті біогенних процесів утворюється чорна, піщана чи глиниста колоїдальна маса, яка вкриває сольові відклади у вигляді мулу й має сильний запах сірководню.

Н.С. Водоп'ян досліджує альгофлору п'яти основних груп мінералізованих озер Криму – Євпаторійську, Тарханкутську, Червоноперекопську, Чонгаро-Арабатську та Керченську, а також Сиваша біля Чонгарського сольового промислу й великі розливи біля Генічеська. У результаті було виявлено 103 види ціанопрокаріот [16].

Досліджуючи співвідношення аеробних деструкційних процесів із продукційними, що відбуваються в мікробних матах термофільного джерела (кальдера Узон, Камчатка), Є.О. Бонч-Осмоловська зі співавторами [33] вказують, що продукування органічної речовини, яке здійснюється передусім водоростями *Phormidium* sp., *Synechococcus lividus* J.J. Copel. 1936 та іншими ціанопрокаріотами, істотно перевищує сумарну деструкцію, в результаті чого відбувається накопичення та захоронення органічної речовини водоростей.

Відомості щодо складу водоростей у галофільних екосистемах також є в працях, присвячених вивченню альгобактеріальних (ціанобактеріальних) угруповань (матів) у зв'язку з їхньою схожістю із найдавнішими шаруватими біогенними утвореннями – строматолітами, проте в роботах немає згадки про можливі процеси пелоїдоутворення та роль у них водоростей. Альгобактеріальні мати [34] являють собою угруповання бентосних мікроорганізмів із тісними трофічними зв'язками, серед яких ціанопрокаріоти відіграють роль продуцентів органічної речовини й формують структуру мату. Домінантом матів Сиваша є *Microcoleus*



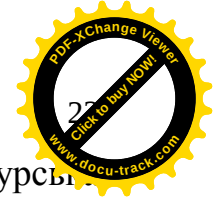
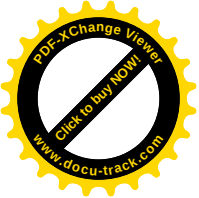
chthonoplastes [15, 34]. Крім *Microcoleus chthonoplastes*, у матах із різним ступенем деструкції виявлено *Dunaliella salina*, *Cladophora* sp. При солоності 5‰ в альгобактеріальних угрупованнях домінували *Lyngbya aestuarii*, *Oscillatoria* sp., *Spirulina* sp., діатомові водорості.

Л.П. Приходькова [35] досліджувала водорості субаквальних ґрунтів території Запорізької, Херсонської областей та АР Крим. У Присивашші було виявлено 111 видів ціанопрокаріот, з яких переважали гормогонієві. У пересолених водоймах найбільш активно розвивався вид *Microcoleus chthonoplastes*.

У 1992-1993 рр. Ф.Б. Шкундіна та А.М. Хуснетдінова [36] досліджували водорості сапропелевих і торфових лікарських грязей Башкортостану і Татарстану (Росія). Загалом для сапропелевих грязей було відмічено 53 види водоростей: Cyanoprocaryota (3 види), Chlorophyta (2), Euglenophyta (1), Crysophyta (1), Bacillariophyta (46), для торфових грязей – 93 види водоростей: Cyanoprocaryota (11 видів), Chlorophyta (23), Bacillariophyta (59). Видовий склад водоростей у грязелікарнях мало чим відрізнявся від вихідного. Згодом Ф.Б. Шкундіна та ін. [37] дослідили склад водоростей сапропелевої грязі озера Культюбак, де виявили Cyanoprocaryota (5 видів), Chlorophyta (1), Xanthophyta (3), Bacillariophyta (45).

В таласогенних і аталасогенних мілководних солоних водоймах Криму серед ціанопрокаріот, за даними В.К. Орлеанського та Н.В. Шадріна [38], домінують представники родів *Oscillatoria* (поширення 82,1%), *Lyngbya* (поширення 78,6%), *Phormidium* (поширення 71,4%), а серед зелених – *Cladophora*. При цьому представники роду *Cladophora* найчастіше були зафіксовані у водоймах з глибиною понад 10 см, які не підлягали періодичному пересиханню. Масовий розвиток водоростей зумовлює утворення «зелених килимів», які при відмиранні в товщі води сприяють накопиченню мула, збільшенню мулистих донних осадів солонцюватих водойм, формуючи при цьому лікарську грязь.

Досліджуючи макрофітобентос солоного озера Аджиголь (Керченська

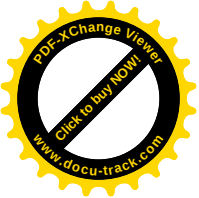


група солоних озер лагунного типу), С.Є. Садогурський і С.О. Садогурський [39] підкреслюють, що макрофітобентос є важливою ланкою в процесі утворення чорного озерного мулу (лікарської грязі). Домінантним видом була зелена водорість *Lamprothamnium papulosum* (Wallr.) J. Groves 1916. Біомаса нитчастих водоростей із відділу Chlorophyta, складниками якої є види *Cladophora siwaschensis*, *Chaetomorpha zernovii* Woron. 1925, *Ulothrix implexa* (Kütz.) Kütz. 1849, досягала 103 г/м^2 [39, 40]. Таломі нитчастих видів зелених водоростей утворювали «повсть» жовто-зеленого кольору до 15-20 см. Під цим шаром, що не пропускав світло, відбувалося гниття таломів *Lamprothamnium papulosum* (Wallr.) J. Groves 1916.

У 2000-2002 рр. О.Л. Невровою, М.В. Шадріним були досліджені діатомові водорості та ціанопрокаріоти великих солоних і гіперсолоних озер Криму: Бакальського, Марфівського, Кояського, Тобечицького, Херсонеського, а також бухти Козачої (Севастополь). Зелені водорості *Cladophora siwaschensis* і *Cladophora albida* (Nees) Kütz. 1843 можуть утворювати придонні плавучі поля – мати, які досягають за розмірами сотні квадратних метрів. Біомаса *Cladophora* на глибині 35-40 см може досягати $8-10 \text{ кг/м}^2$. Таломі *Cladophora* є основою розвитку мікроепіфітону, який складається переважно з видів діатомових водоростей і ціанопрокаріот, біомаса яких сягає $50-800 \text{ г/м}^2$. Загалом виявлено 73 види діатомових водоростей. Донні діатомові водорості відігравали провідну роль в продукуванні органічної речовини в солоних і гіперсолоних озерах Криму [38].

Протягом 2004-2007 рр. група вчених під керівництвом О.С. Самиліної досліджувала високомінералізовані сульфатно-хлоридні озера морського і континентального походження в Криму й аталасогенні карбонатні озера Алтайського краю [32].

Встановлено, що різноманітність угруповань, які відповідають за первинну продукцію в солоних озерах континентального й таласогенного походження Криму, зводиться до таких типів: 1) ціанобактеріальні біоплівки

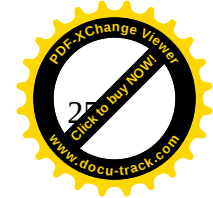
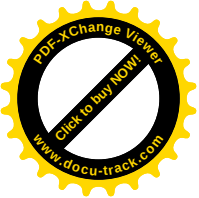


та мати, едифікаторами яких є переважно нитчасті ціанобактерії, 2) альгобактеріальні угруповання з евкаріотичними водоростями в ролі основного компонента; 3) рослинно-бактеріальні мати, в яких фізичну структуру угруповань формують вищі водні рослини; 4) ціанобактерії безпосередньо під мінеральним осадам; 5) планктонні угруповання нерозчленованої структури [32].

Морфологія перших трьох типів універсальна. Спільними є класична шарувата макроструктура, описана в літературі на прикладі ціанобактеріальних матів [41-43], і вертикальний шаровий розподіл функціональних груп мікроорганізмів, що відповідає цій структурі. У всіх типах структурованих угруповань виділяються три відокремлені зони: зелена зона з розвитком оксигенних фотосинтетиків, рожева зона з розвитком аноксигенних фотосинтетиків (пурпурових сірчаних бактерій) і чорна зона сульфатредукції (саме в цій зоні відбувається утворення основної мінеральної речовини пелоїдів – гідротроїліту). Ця структура є результатом фізико-хімічних градієнтів, наявних у матах, і залежать від метаболічної активності самих мікроорганізмів [32].

За даними дослідників, едифікаторами ціанобактеріальних матів у межах системи водойм Танатар (I-VI) (Алтайський край) є нитчасті представники *Oscillatoriaceae* [32].

Альгобактеріальні угруповання, виявлені в озерах Танатар V та VI (Алтайський край), мали специфічний склад (загальна мінералізація – 60-70‰, концентрація карбонатів – 33-44 г/л.) Там масово, у вигляді суцільного килима, що покриває прибережні ділянки озер, розвивалися досить специфічні угруповання, які являли собою багатолопатеві кульки діаметром близько 5 см. Тіло кулі утворено сифонною водорістю *Vaucheria* sp., на якій розвиваються численні нитчасті, а також одноклітинні (*Oscillatoria granulata* N.L.Gardner 1927, *Phormidium foveolarum* Mont. ex Gomont 1892, *Spirulina tenuissima* Kütz. 1836, *Synechococcus cedrorum* Sauvageau 1892, *Synechocystis salina* Wislouch 1924) бактерії, діатомові водорості (*Navicula* sp.) і протисти



[31].

Альгобактеріальні угруповання Кримських озер утворюють нитчасті зелені водорості *Cladophora* sp., *Ulothrix* sp., серед ниток яких, розвиваються трихомні ціанопрокаріоти [32].

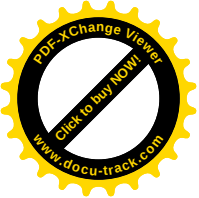
В озері Кояське (Крим), яке характеризується постійною високою солоністю (аж до насичення й утворення товстої кірки солі на великій його площі), під цією кіркою на каменях і мулі було виявлено інтенсивний розвиток одноклітинних ціанобактерій (*Synechococcus elongates*, *Synechocystis salina*), що відповідає четвертому типу розростань [44].

В озері Марфівське (Крим) при солоності 260‰ відмічено масовий розвиток *Dunaliella salina* [32].

Загалом в озерах Криму ідентифіковано близько 50 видів ціанопрокаріот [32].

У мінеральних озерах – Мойнакському (Крим), Тамбуканському (поблизу м. П'ятигорська) – ціанобактеріальний мат утворюється ціанопрокаріотою *Microcoleus chthonoplastes*. У Тамбуканському озері, де концентрація глауберової солі сягає 347‰, *Microcoleus* покриває щільним шаром грязь біля берега. У кримських солоних водоймах багатоклітинні нерозгалужені нитки, зібрані в слизисто-драглистих чохлах *Microcoleus chthonoplastes*, утворюють щось на зразок надзвичайно еластичної шкіри товщиною до 5 мм. У великій кількості в ропі цих озер виявлено також нитчасті ціанопрокаріоти: *Oscillatoria brevis* Kütz. і *Oscillatoria tambi* Woron. [45].

В озерах Донузлав, Мойнакському (поблизу Євпаторії), Солоному озері Круглої бухти (біля Севастополя) та ін. дно вкривають величезні плівки ціанопрокаріот *Oncobyrsa*, *Aphanothece salina*, *Chlorogloea sarcinoides*. У Мойнакському озері *Chlorogloea* утворювала на дні суцільний шар завтовшки до 2 см. При поступовому наростанні вверх окремі ділянки цього шару відриваються й переганяються вітром по всьому озеру. Вони продовжують рости, а потім хвилями викидаються уздовж берегів,

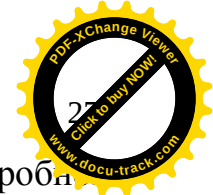
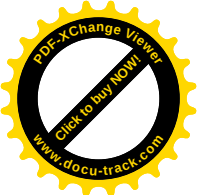


утворюючи потужні підводні й берегові синювато-зелені вали, які складаються зі слизових пакетів (сарцин), що мають правильно розташовані численні клітини. Протягом 1-3 років маса слизових пакетів в цих умовах перетворюється на пелоїд, що має вихідним матеріалом майже чисту природну культуру *Chlorogloea sarcinoides* [45].

У водоймах із високою солоністю трапляються також типові мешканці прибережної зони морів і солонуватих озер, зокрема, представник донної флори – зелена багатоклітинна водорість *Enteromorpha* Link in Nees, 1820. Сильне підвищення солоності (наприклад, до 130‰) *Enteromorpha* може витримувати тільки тимчасово, але довго живе лише за солоності, що не перевищує 75‰. Після відмирання *Enteromorpha* є багатим матеріалом для пелоїдоутворення.

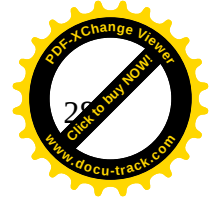
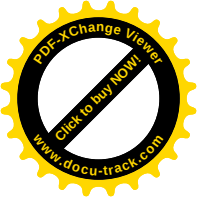
Джерелом первинної продукції під час утворення пелоїдів при найвищих концентраціях солей може бути розвиток фітопланктону, який складається дуже часто з рухомих одноклітинних водоростей. У масовій кількості відмічено розвиток *Dunaliella salina*, *Dunaliella viridis*, *Asteromonas gracilis* та ін. Масове розмноження цих організмів викликає «цвітіння» озер. Коли клітини *Dunaliella* відмирають, її пігменти у водоймах із високою концентрацією солі надають сольовому розчину (ропі) та солям, що випадають із нього, характерного рожевого (аж до червоного) забарвлення [45]. *Dunaliella* надає ропі також характерного запаху фіалок або зрілої малини. Вона трапляється в деяких озерах Криму, наприклад в озері Марфівське при солоності 260‰, озері Ельтон, Малиновому озері в районі Астрахані та ін. [32]. «Цвітіння» води в солоних водоймах також можуть викликати ціанопрокаріоти *Anabaenopsis issatschenkoi* Woron. 1934, *Aphanocapsa* Nägeli 1849, *Lochmiopsis sibirica*, яка особливо характерна для содових озер Західного Сибіру й витримує дуже високі концентрації ропи (до 200‰) [45].

Отже, до початку наших досліджень різними авторами постулюється важлива роль водоростей в утворенні лікувальних грязей, у першу чергу - як



продуцентів органічної речовини, яка надалі проходить стадію мікробної трансформації в біологічно активні речовини пелоїдів. В науковій літературі описані різноманітні за складом і структурою планктонні та бентосні альгоугруповання, в деяких випадках - бентосні біоплівки та мати. Основна увага приділяється дослідженню видового складу водоростей родовищ мулових сульфідних пелоїдів і первинній продукції. Особливо цікавими є дослідження, присвячені структурі та функціонуванню ціанобактеріальних матів у гіпергалійних водоймах, а також шляхам мікробної трансформації водоростевої біомаси різними групами бактерій, особливо там, де ціанобактеріальні розростання розглядаються як моделі утворення строматолітів [15]. Але, на жаль, в цих роботах відсутні оцінки можливого зв'язку водоростей із пелоїдогенезом.

Таким чином, наявна в літературі інформація не дає відповіді на дискусійні твердження, зазначені в теорії пелоїдоутворення Л.Я. Яроцького, щодо участі в цьому процесі водоростей і потребує проведення окремих досліджень.



РОЗДІЛ 2

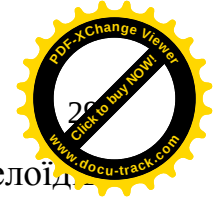
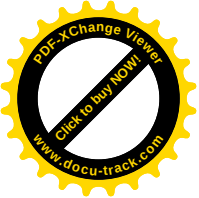
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЛОЇДІВ ТА УМОВИ ЇХ УТВОРЕННЯ

1.1. Термін «пелоїд» і його сучасні тлумачення

Мул морів, мінеральних джерел, солоних водойм із давніх часів використовувався людиною як лікарський засіб. Згадки про використання морського мулу та мулових відкладів гирл річок як косметичних масок і шкірних аплікацій відомі з античних часів, є в Біблії і пов'язані з іменами таких персон, як цариця Савська, Ірод Великий, Клеопатра [46, 47]. Пліній Старший наводить свідчення про лікування мулом мінеральних джерел. Він також розповідає про місто на Кримському півострові (можливо, йдеться про Саки чи Євпаторію), яке має «грунт, що зцілює всілякі поранення» [48].

Практика використання нагрітого мулу для лікувальних процедур відома в багатьох країнах і в різних мовах цей мул має свою назву: російське – «грязи»; грецьке – «pelos»; італійське – «fango»; німецьке – «schlemme»; англійське – «muds»; французьке – «boues» та ін. [48, 49]. Бурхливий розвиток бальнеології у XIX ст. – на початку XX ст., переважно пов'язаний із появою в Західній Європі численних спа-курортів, зумовив необхідність уніфікації назви лікувальної мулової субстанції. Тому в 1938 р. Комітетом міжнародного товариства медичної гідрології було введено для всіх видів такої субстанції загальну назву «пелоїди» (від грецького pelos – мул, глина) й запропоновано таке визначення: «Пелоїдами називаються речовини, які утворюються в природних умовах під впливом геологічних процесів, і в тонкоподрібненому стані, після змішування з водою, застосовуються з лікувальною метою у вигляді ванн і місцевих аплікацій» [6].

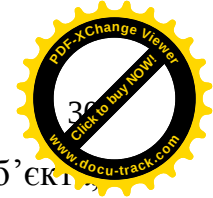
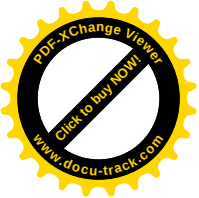
На основі визначення можна виділити дві головні ознаки пелоїду – по-перше, його природне походження; по-друге, його препаративну підготовку для застосування з метою отримання лікувального ефекту.



У другій половині ХХ ст. в практиці медичного використання пелоїдів чітко окреслилися два напрями: західноєвропейський, який реалізовувався на спа-курортах, та східноєвропейський, який набув поширення на території колишнього СРСР. Дивергенція цих двох напрямів спричинила розбіжності в тлумаченні терміна *пелоїд* у країнах Західної та Східної Європи, і, як наслідок, – кардинальні відмінності в спрямуванні наукових досліджень пелоїдів.

Протягом ХХ ст. на спа-курортах країн Західної Європи пелоїди перед застосуванням проходили фазу попередньої препаративної підготовки, при якій мул або торф висушували, подрібнювали та змішували з водою мінеральних джерел відповідного курорту. Отже, пелоїд на стадії застосування являв собою вже не природне тіло, а фармакологічний чи косметичний препарат, головна комерційна характеристика якого визначалася, в першу чергу, саме типом та якістю мінеральної води. Поглиблення розробок у такому «фармакологічному» напрямі призвело до того, що наприкінці ХХ – початку ХХІ ст. для забезпечення стандартизації кінцевого продукту природний мул почали замінювати на бентонітові глини чи штучні композитні наповнювачі. При цьому глина чи штучний композит змішуються з мінеральною водою конкретного спа-курорту, суміш витримується протягом 6-24 місяців у відкритих ємкостях. Далі дозований і підігрітий препарат використовується як зовнішня аплікація. Саме цей препарат у країнах Західної Європи зараз називається пелоїдом. Таке тлумачення пелоїду знайшло своє відображення в сучасному західноєвропейському визначенні цього терміна, що наводиться в роботі Ф. Веніале зі співавторами: «Гарячі припарки називаються «пелоїдами» (hot cataplasms called «peloids»))» [50].

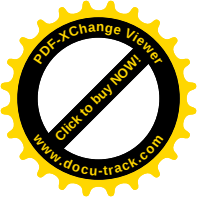
Заміна класичного тлумачення терміна *пелоїд*, запропонованого Комітетом міжнародного товариства медичної гідрології, на “фармакологічний” сучасний західний варіант повністю пояснює феномен майже цілковитої відсутності в сучасній західноєвропейській літературі



публікацій, присвячених дослідженню пелоїдів як природного об'єкта, зокрема, розгляду питань поширення, генезису та ролі біоти у формуванні пелоїдів як цінного природного ресурсу.

На території колишнього СРСР інтерпретація терміна *пелоїд* спиралася на традиції використання лікувальних грязей у нативному стані. При цьому їхні цілющі властивості пов'язували зі складними природними процесами взаємодії біотичних та абіотичних факторів, притаманних біокосним системам. У 1932 р. С.О. Щукарев писав: «Лікувальні грязі так само, як і ґрунт, генетично пов'язані з місцепроживанням живих істот – біосферою; грязі є молодими поверхневими новоутвореннями на дні солоних і прісних водойм – ніби підводними ґрунтами... Молода наука про грязі (пелологія) має багато чому навчитися у своєї старшої сестри – ґрунтознавства» [51-53].

Застосування лікувальних грязей різних типів у природному стані – без процедур попередньої обробки – здійснювалося в курортній практиці на території колишнього СРСР. Крім того, вважалося, що препаративна підготовка мулу на зразок західноєвропейських спа-курортів призводить до втрати лікувальним мулом низки його цінних лікарських властивостей. Особливо наголошували на останньому фахівці, які займалися проблемою розробки генетичної класифікації пелоїдів і розглядали пелоїд не як фармакологічний засіб, а як природний ресурс, що має медичне застосування [6]. Саме з метою підкреслення сутності пелоїдів як природного ресурсу, що має медичне застосування, ці автори запропонували модифіковане визначення терміна *пелоїд*: «Лікувальними грязями (або пелоїдами) називаються сучасні чи геологічно молоді природні утворення, що складаються з води, мінеральних і, як правило, органічних речовин, мають тонкодисперсну структуру, однорідність і переважно мазеподібну консистенцією, завдяки чому вони можуть застосовуватися (в нагрітому стані) з лікувальною метою у вигляді ванн і місцевих аплікацій» [6]. Це визначення було схвалено Центральним науково-дослідним інститутом курортології і фізіотерапії (м. Москва).



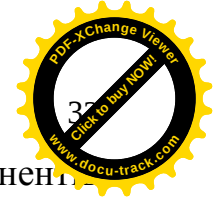
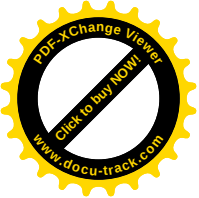
Розуміння пелоїдів як природної біоїкосної системи та природного ресурсу постійно підкреслювалося представниками радянської школи, а після розпаду СРСР – вченими Росії, України, Білорусії, Грузії. Так, З.Ф. Косьянова зазначає, що «...до лікувальних грязей (пелоїдів) належать природні гідрофільні органомінеральні утворення (мули, торфи, сопкові глини та ін.), що мають високу теплоємність і вповільнену тепловіддачу, а також містять біологічно активні речовини та живі мікроорганізми (мінеральні солі, гази, гумінові речовини, вітаміни, ферменти, гормони, бактерії, актиноміцети, гриби тощо)» [54].

Погляд на пелоїди як природний ресурс акцентує визначення сучасних російських вчених: „Лікувальні грязі, або пелоїди, належать до числа корисних копалин. До лікувальних грязей відносяться природні органомінеральні колоїдальні утворення різного генезису (мулові, торфові, сопкові та ін.), що мають високу пластичність, високу теплоємність і повільну тепловіддачу, містять терапевтично активні речовини (солі, гази, біостимулятори) та живі мікроорганізми” [55-56].

Як видно з цих визначень, пострадянські вчені (в тому числі – представники української школи [3]) підкреслюють саме біоїкосну та ресурсну сутність пелоїдів, розглядають їх як природну систему, яка в процесі свого розвитку набуває цінних цілющих властивостей.

Сприйняття пелоїдів як природних систем зумовило в СРСР і пострадянських країнах розвиток глибоких масштабних досліджень лікувальних грязей, не лише в медичному та бальнеологічному (як у країнах Західної Європи), але й у геологічному, гідрологічному, мікробіологічному, біохімічному та інших аспектах, дало можливість розробити й удосконалити генетичну класифікацію пелоїдів, провести розвідку та інвентаризацію родовищ, визначити та забезпечити режими їх експлуатації, а також зрозуміти низку процесів, пов'язаних з утворенням пелоїдів і набуттям ними лікувальних властивостей.

В останні десятиріччя одним із лідерів у галузі пелоїдотерапії є Ізраїль.

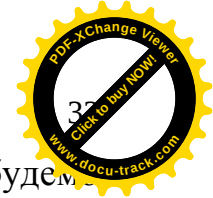
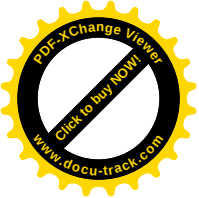


Використання пелоїдів у медичній практиці Ізраїлю є одним із компонентів комплексної програми розвитку так званої кліматотерапії в районі гіпергалійного озера – Мертвого моря [57]. Пелоїдотерапія проводиться на основі застосування природних бітумінозних мулів цієї водойми. Крім того, природні пелоїди Мертвого моря використовуються як сировина для виробництва численних комерційних косметичних продуктів – мазей, віджимів і вторинних засобів, де природна сировина збагачується різноманітними біодобавками. Природні пелоїди Мертвого моря є об'єктом низки досліджень не лише медичного, але й фізико-хімічного, гідрогеологічного та мікробіологічного характеру [44, 58, 59]. Ізраїльська школа, аналогічно до пострадянських країн, приймає концепцію пелоїду як ресурсу та біокосної системи.

Наслідком сучасних принципових розбіжностей у розумінні терміна *пелоїд* у країнах Західної Європи та країнах пострадянського простору й Ізраїлю є різний характер як напрямів, так і результатів наукових досліджень. У країнах Західної Європи основна увага (крім вивчення терапевтичних ефектів) приділяється дослідженню фізико-хімічних процесів (переважно із застосуванням сучасних технологій, методів та обладнання), що відбуваються при змішуванні твердих наповнювачів із мінеральними водами різних типів і під час дозрівання суміші. Слід зауважити, що при такому підході роль біотичного фактора у XX ст. взагалі ігнорується. І лише в першому десятиріччі XXI ст. актуальним перспективним завданням стає вивчення бактерій та водоростей, які гіпотетично можуть зумовлювати набуття штучними пелоїдами деяких лікарських властивостей (наприклад, антимікробних) [49].

У пострадянських країнах та Ізраїлі, де пелоїди досліджуються як біокосні системи, науковці приділяють велику увагу не лише фізико-хімічній взаємодії компонентів рідкої та твердої фаз, але й біоті, що розвивається в пелоїдах і впливає на їх генезис [59-62].

У пропонованій роботі термін *пелоїд* будемо вживати відповідно до



сучасних поглядів вітчизняної та російської шкіл і далі буде використовувати визначення цього терміна, дане Я.А. Требуховим [54].

1.2. Структура та склад пелоїдів

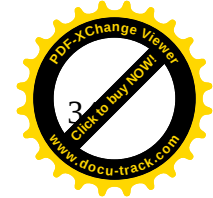
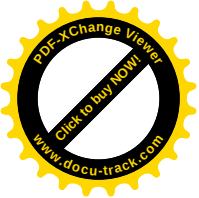
Науковою основою класифікації пелоїдів були дослідження лікувальних грязей як біокосної системи, розпочаті в першій половині XIX століття. Наприкінці XIX століття професор О.А. Веріго дав класичне визначення генетичної структури лікувальної грязі, що не втратило свого значення дотепер: «В утворенні грязі беруть участь три основних чинники: соляна маса солончакової води або лиманної ропи, органічна рослинна чи тваринна речовина та ґрунт, який є немовби кістяком (остовом), що пронизується гряззю, між частинками якого вона відкладається» [63].

У подальшому на розвиток учення про пелоїди та методи аналізу великий вплив мали дослідження П.О. Кашинського, Є.С. Бурксера, С.О. Щукарева, В.І. Бахман, О.М. Бунєєва та ін. [51-53, 64-74].

Сучасне визначення пелоїду як природної системи, прийняте з тими чи іншими змінами більшістю дослідників, було сформульоване С.О. Щукаревим [52, 75], який за основу взяв уявлення про пелоїд як про фізико-хімічну рівноважну систему, що складається з однієї рідкої та декількох твердих фаз. Висуваючи цю концепцію, С.О. Щукарев уважав, що вона відповідає певному етапові в розвитку вчення про пелоїди й не може розглядатися як завершена, проте на її базі можна запропонувати схему аналізу пелоїду, придатну для подальшої класифікаційної процедури [52-53].

Згідно із сучасними уявленнями, у структурному відношенні пелоїди являють собою складну фізико-хімічну динамічну систему, утворену з трьох взаємопов'язаних компонентів: грубодисперсного остову, тонкодисперсного (колоїдного) комплексу та грязьового розчину (рідка частина) [3, 76, 77].

Основною частиною пелоїду є грубодисперсний кристалічний остов, що складається із силікатних матеріалів, гіпсу, кальциту, доломіту, арагоніту, фосфату й іноді уламків органічних залишків рослинного чи тваринного



походження різного розміру.

Розмірні характеристики та кількісні пропорції часток остова визначають в'язко-пластичні властивості пелоїдів. Повноцінний пелоїд повинен містити до 2-3% часток діаметром понад 0,25 мм. Наявність згаданих часток забезпечує нормальний остов пелоїду, тоді як за їх відсутності пелоїд набуває надмірної плинності, він не здатний утримувати форму грязьової аплікації [76, 78].

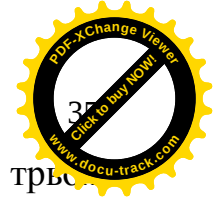
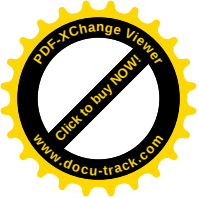
Залежно від переважання силікатних або карбонатних часток остов пелоїду може бути силікатним, карбонатним чи змішаного складу. Пелоїд може утримувати завислі частки: мушлі, кристали солей і гази. Найбільш стійким щодо структури є пелоїд солоних водойм. Відкладення прісних водойм, багаті органічними речовинами, характеризуються меншою стійкістю.

Другий компонент пелоїду – тонкодисперсний (колоїдний) комплекс – пов'язує окремі частки остова й заповнює простір між ними. Тонкодисперсний комплекс містить частки величиною до 0,001 мм – органічні речовини, органомінеральні сполуки, гідротроїліт, силікатну кислоту, Сульфур, Алюміній гідроксиду, оксиди Феруму та Мангану. Важливе значення в цій фракції має колоїдний Ферум гідросульфід (гідротроїліт), який у пелоїдах деяких типів зумовлює їх чорний колір.

Вміст колоїдного комплексу в різних типах пелоїдів неоднаковий:, наприклад, у мулових сульфідних – від 4 до 20%, у торфових і сапропелю – до 80%. Тонкодисперсні частки визначають пластичність пелоїду, тобто здатність зберігати ту форму, яку йому надають, накладаючи на тіло хворого.

Третім компонентом є грязьовий розчин, який являє собою рідку фазу пелоїду й складається з води та розчинених у ній солей, органічних речовин і газів. Грязьовий розчин мулових сульфідних пелоїдів може становити від 25 до 85% об'єму грязьової маси. Цей розчин здебільшого відповідає хімічному складові води чи ропи водойми, в якій утворився пелоїд.

Основна маса розчинених у воді солей складається з шести іонів: трьох



аніонів (хлору – Cl^- , сульфату – SO_4^{2-} та гідрокарбонату – HCO_3^-) та трьох катіонів (натрію – Na^+ , магнію – Mg^{2+} , кальцію – Ca^{2+}). Крім того, грязьовий розчин містить у собі різні мікроелементи – Купрум, Манган, Барій, Титан, Стронцій, Амоній та ін. Концентрація солей (мінералізація) в грязьовому розчині пелоїдів різного типу коливається в межах від 0,01 г/л (торф і сапропель) до 400 г/л і більше (мулові сульфідні пелоїди) [3].

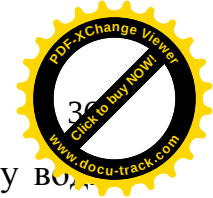
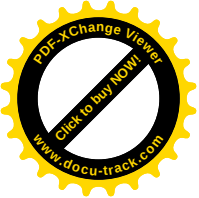
У грязьовому розчині міститься невелика кількість газів (сірководень, вуглекислий газ, нітроген, метан, кисень), які переважно знаходяться в розчиненому стані. Деякі газові компоненти (сірководень, вуглекислота) є біологічно активними. Частково гази утворюються внаслідок біологічних процесів. Різний газовий склад пелоїдів певних типів пояснюють переважно неоднаковою інтенсивністю перебігу мікробіологічних процесів [79].

Реакція грязьового розчину (pH) залежить від хімічного складу й характеру перебігу біологічних процесів у пелоїді. Розрізняють ультракислі пелоїди (pH < 2,6), кислі (pH 2,6-5,0), слабкокислі (pH 5,1-7,0), слабколужні (pH 7,1-9,0), лужні (pH > 9,0) [76, 80, 81].

Окисно-відновний потенціал пелоїду (Eh) указує на ступінь окиснення чи відновлення мінеральних і органічних сполук, що входять до його складу. Для мулових сульфідних пелоїдів Eh характеризується негативними величинами, що відповідає відновним умовам. Утворення сірководню в пелоїді зумовлене процесом життєдіяльності специфічних мікроорганізмів, які відновлюють сульфати в сірководень за наявності органічних речовин, але без доступу кисню.

Залежно від концентрації розчину, яким насичений пелоїд, і складу адсорбованих колоїдами катіонів, на дні басейнів відкладається пелоїд, що має тиксотропну структуру та різний ступінь гідратації. Завдяки тиксотропним властивостям (здатності відновлювати структуру) пелоїд у водоймах може досягати великої товщини, не піддаючись ущільненню [82].

Пелоїди, як і інші складні біокосні системи, містять неорганічні й органічні речовини.



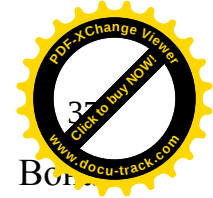
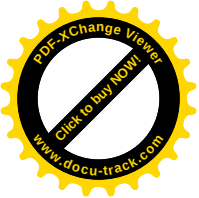
Неорганічна частина пелоїду складається з води, нерозчинних у воді мінералів і важкорозчинних солей, а також іонів і газів. Вода знаходиться в пелоїдах у різних формах – у вигляді вільної води, розчину (вода набухання та капілярів) і зв'язаної води – адсорбованої, гідратної та води кристалів. За формами зв'язку з водою окремі типи пелоїдів істотно відрізняються один від одного: у мулових сульфідних пелоїдах характерною формою зв'язку є адсорбована вода. У торфі та сапропелі переважає вода набухання. Пелоїди майже в 1,5 раза важчі за воду, їхня густина дорівнює 1,4-1,6 г/см³. Вода в мулових грязях солоних водойм зазвичай становить 40-70%, у сапропелі – до 90-95%; у торфі – 75-90%.

Глинисті породи містять переважно кремнезем, вапняки, доломіти. Крім того, в них наявні сполуки Феруму, Сульфуру, Мангану, Фосфору, Нітрогену й такі мікроелементи, як Йод, Бром, Плюмбум, Молібден та ін., що істотно впливають на біологічну активність пелоїдів.

Дефіцит кисню й сірководневе насичення сприяє інтенсивному осіданню Феруму й утворенню сульфідного шару. Це зумовлює локалізацію значної кількості Ферум сульфїду в мулових пелоїдах. У пелоїдах солоних озер і лиманів, збагачених сульфатами, при наявності залишків водоростей, вищих водних рослин і дрібних тварин можуть створюватися умови, за яких вільного кисню для окиснення органічних решток не вистачає; у такому разі в пелоїдах відбувається десульфуризація. Сірководень, який при цьому утворюється, відновлює гідроксиди тривалентного Феруму, які хоча б у невеликій кількості наявні майже в усіх чорних породах, унаслідок чого в пелоїдах накопичується чорний колоїдний мінерал – гідротроїліт ($\text{Fe}(\text{HS})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), що надає лікувальному мулу чорного кольору [49].

Органічна речовина є невід'ємним складником пелоїду. Її вміст у пелоїдах різних типів коливається в широких межах. Наприклад, мулові сульфідні пелоїди містять до 28% органічної речовини, сапропель – близько 40%, торфи – 50%.

Органічна речовина виявляється в усіх структурних компонентах



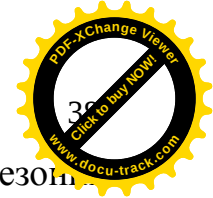
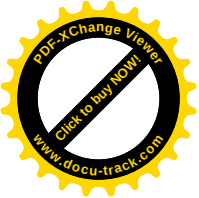
пелоїду – у твердій, колоїдній частинах і в грязьовому розчині. Вона представлена гуміновими сполуками, бітумами, ліпідами, жирними кислотами, лігніном, пептидами (включаючи деякі ферменти), амінокислотами. Кількість і якість органічних речовин визначається походженням пелоїду. Саме органічна речовина є енергетичною базою такого важливого процесу, як сульфатредукція, в результаті якого утворюються сірководень і гідротроїліт [83, 84].

Основну частину [85-88] комплексу органічних речовин становлять гумінові сполуки, утворення й подальший розклад яких пов'язаний із життєдіяльністю мікроорганізмів [89]. Гумінові речовини є джерелом живлення та енергії. Вони беруть участь у міграції катіонів, знижують негативну дію токсичних речовин. У пелоїдах виявлено декілька груп гумінових речовин: 1) гумінові кислоти, що розчиняються тільки в лугах; 2) гіматомеланові кислоти, які добуваються із сирого залишку (гелю) гумінових речовин за допомогою етанолу; 3) фульвокислоти, розчинні у воді, лужних і кислих розчинах; 4) гумін – практично нерозчинна органічна речовина.

Основними складниками гумінових речовин пелоїдів є гумінова, кренова та ульмінова кислоти. Згідно з дослідженнями З.Ф. Косьянкової [83], гумінові кислоти є високомолекулярними (молекулярна маса понад 150 000), полідисперсними речовинами, які містять 5,21-6,96% Гідрогену, впливають на кислотні властивості, адсорбційну здатність і біологічну протизапальну активність пелоїдів [87, 90, 91].

Важливим складником органічної речовини пелоїдів є білки та пептиди, які визначають ферментативну активність пелоїдів. Ферменти є продуктами життєдіяльності різних груп мікроорганізмів, водоростей, грибів, актиноміцетів [92, 93]. Ферментативна активність пелоїдів залежить від типу пелоїду та родовища, сезону року й змінюється з глибиною.

У літній період, за даними З.Ф. Косьянкової [54], активність каталази, поліфенолоксидази, пероксидази та дегідрогенази у пробах пелоїдів із



глибини 1 м була значно вищою порівняно із зимовим сезоном. Сезон коливання ферментативної активності є максимальними в поверхневих шарах родовища, тоді як на великій глибині залягання (понад 3 м) вони практично не спостерігаються [94-96].

Особлива роль у фармакологічній активності пелоїдів належить складним ліпідним комплексам, зокрема, ліпідним антиоксидантам, що містяться в пелоїдах [97, 98]. У складі ліпідного комплексу пелоїдів Мертвого моря виявлено поліненасичені жирні кислоти, з якими пов'язують низку істотних терапевтичних властивостей лікувального мулу [98].

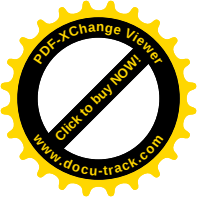
До складу органічної частини пелоїдів входять також інші біологічно активні речовини, які визначають певні аспекти бальнеологічної цінності пелоїдів [83].

1.3. Класифікація пелоїдів

Перша класифікація лікувальних грязей, в основу якої було покладено уявлення про пелоїд як природне тіло, була запропонована в 1932 р. С.О. Щукаревим [52]. Автор, використовуючи екологічний підхід, виділив шість типів пелоїдів: морські грязі, грязі приморських озер, грязі солоних материкових озер, грязі мінеральних джерел, грязі прісних озер і торфових боліт, сопкові грязі.

Дещо пізніше В.О. Александров [19] за особливостями хімічного складу, зокрема, за вмістом неорганічних і органічних речовин, за походженням останніх розробив класифікацію лікувальних грязей, в якій виокремив шість типів природних і один тип штучних пелоїдів.

Класифікація В.О. Александрова застосовувалася в СРСР майже протягом 30 років, сприяла накопиченню експериментального матеріалу, який у 70-х роках ХХ ст. був узагальнений В.В. Івановим та О.М. Малаховим [6] і трансформований у нову класифікаційну систему – генетичну класифікацію пелоїдів, яка з деякими модифікаціями використовується в країнах колишнього СРСР дотепер. Відповідно до цієї класифікації пелоїди



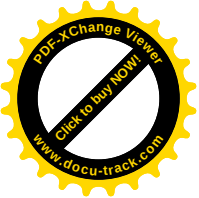
були поділені на окремі групи, типи й підтипи за походженням, хімічним складом і фізичними властивостями, а саме: за мінералізацію грязьового розчину, вмістом сульфідів, зольністю та рН.

В Україні та Росії на сьогодні найбільш прийнятним є модифікований варіант генетичної класифікації Іванова-Малахова, розроблений при складанні карти лікувальних грязей СРСР [99] із доповненнями та уточненнями М.В. Лободи [3]. Саме ця класифікація буде використана в нашій роботі.

Пелоїди, за класифікацією Іванова–Малахова в модифікації Лободи [3], поділяються на 4 групи – торфові, сульфідні мулові, сопкові та сапропелеві. Торфові грязі являють собою болотні відклади, які містять переважно розкладені чи напіврозкладені рослинні залишки, що переробляються численними мікроорганізмами в умовах надмірного зволоження й недостатнього доступу кисню.

Мулові сульфідні пелоїди – це тонкодисперсні мулові відклади здебільшого солоних водоймищ, що мають переважно мінеральний склад із вмістом невеликої кількості (до 10% на суху речовину) органічних речовин і різною мірою збагачені водорозчинними солями та сульфідами Феруму. Формування сульфідних мулових пелоїдів проходить зазвичай у водоймах із водами підвищеної мінералізації і зумовлене накопиченням органомінеральних відкладів на дні цих водойм та наступними змінами покладів внаслідок фізико-хімічних і біологічних процесів.

За екотопом, мулові сульфідні грязі поділяються на позакласифікаційні категорії – морські, приморські, материкові та озерно-джерельні. Сапропелеві грязі – це донні органо-мінеральні відклади прісних водойм, які утворюються внаслідок мікробіологічного розпаду решток біоти водойм і містять не менше ніж 10% органічних речовин (на суху масу). Сопкові грязі являють собою напіврідкі глинисті відклади, які утворюються в газонафтоносних ділянках, сформованих товщами глинистих порід у зонах тектонічних порушень, де підіймаються з глибини вуглеводні (метанові чи



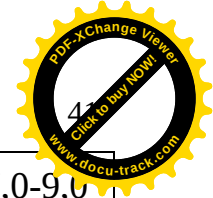
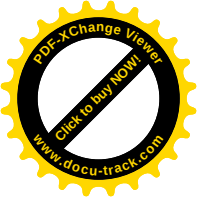
вуглекисло-метанові) гази й інколи просочуються в невеликій кількості в глибинні напірні води.

У межах груп виділено 8 типів і 20 підтипів пелоїдів. Останні в деяких випадках включають 2-3 різновиди (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Генетична класифікація лікувальних грязей Іванова–Малахова [8] в модифікації Лободи [3]

Групи, типи, підтипи та різновиди лікувальних грязей	Мінералізація грязьового розчину, г / дм ³	Вміст сульфідів, % на нативну грязь	Зольність, % на суху речовину	pH
Торфові грязі				
Прісноводні				
Безсульфідні				
низькозольні	< 1	< 0,01	< 5	3,5-7,6
середньозольні	< 1	< 0,01	5-20	
високозольні	< 1	< 0,01	> 20	
Слабкосульфідні				
низькозольні	< 1	0,01-0,15	< 5	6,8-7,3
середньозольні	< 1	0,01-0,15	5-20	
високозольні	< 1	0,01-0,15	> 20	
Низькомінералізовані				
Безсульфідні				
низькозольні	1-15	< 0,01	< 5	7,2-7,4
середньозольні	1-15	< 0,01	5-20	
високозольні	1-15	< 0,01	> 20	7,0
Слабкосульфідні				
низькозольні	1-15	0,01-0,15	< 5	4,0-7,5
середньозольні	1-15	0,01-0,15	5-20	
високозольні	1-15	0,01-0,15	> 20	6,8-7,3
Мулові сульфідні грязі				
Низькомінералізовані				
Слабкосульфідні	1-15	0,01-0,15	> 90	6,0-9,0

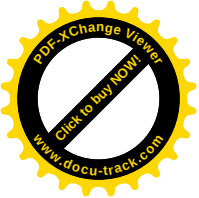


<i>Середньосульфідні</i>	1-15	0,15-0,50	> 90	7,0-9,0
--------------------------	------	-----------	------	---------

Продовж. табл. 1.1

<i>Групи, типи, підтипи та різновиди лікувальних грязей</i>	<i>Мінералізація грязьового розчину, г / дм³</i>	<i>Вміст сульфідів, % на нативну грязь</i>	<i>Зольність, % на суху речовину</i>	<i>pH</i>
<i>Сильносульфідні</i>	1-15	> 0,50	> 90	7,0-9,0
Середньомінералізовані				
<i>Слабкосульфідні</i>	15-35	0,01-0,15	> 90	7,0-9,0
<i>Середньосульфідні</i>	15-35	0,15-0,50	> 90	7,0-9,0
<i>Сильносульфідні</i>	15-35	> 0,50	> 90	7,0-9,0
Високомінералізовані				
<i>Слабкосульфідні</i>	35-150	0,01-0,15	> 95	7,0-9,0
<i>Середньосульфідні</i>	35-150	0,15-0,50	> 95	7,0-9,0
<i>Сильносульфідні</i>	35-150	> 0,50	> 95	7,0-9,0
Соленасичені				
<i>Слабкосульфідні</i>	> 150	0,01-0,15	> 95	7,0-9,0
<i>Середньосульфідні</i>	> 150	0,15-0,50	> 95	7,0-9,0
<i>Сильносульфідні</i>	> 150	> 0,50	> 95	7,0-9,0
Сопкові грязі				
Середньо- і високомінералізовані				
<i>Безсульфідні</i>	15-150	< 0,01	> 95	7,0-9,0
Сапропелеві грязі				
Прісноводні				
<i>Безсульфідні</i>				
<i>низькозольні</i>	< 1	< 0,01	< 30	7,0-9,0

Відповідність геологічно молодого органо-мінерального колоїдального утворення певним критеріям генетичної класифікації є необхідною, але не достатньою ознакою для віднесення цього утворення до категорії пелоїдів. Для того, щоб субстанція, яка за генетичною класифікацією може вважатися пелоїдом певного типу, була визнана пелоїдом і набула застосування в



лікувальній практиці, вона має відповідати комплексу додаткових критеріїв, які називають вимогами до лікувальних пелоїдів (табл.1.2).

Таблиця 1.2

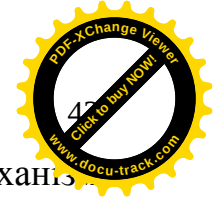
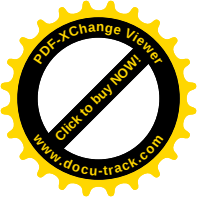
Вимоги до пелоїдів (природних і підготовлених до процедур), за якими органо-мінеральні колоїдальні утворення різних типів вважаються лікувальними грязями [3]

Показник	Одиниця виміру	Торфови х	Сапропелевих	Мулових сульфід-них	Сопкових
Вологість	%	50-85	60-90	25-75	40-80
Засміченість частками розміром понад 5,0 мм	%	0	0	0	0
Засміченість частками розміром 0,25-5,0 мм	%	≥2	≥2	≥3	≥3
Опір зрушення	дин/см ²	1500-4000	1000-2000	1500-4000	1500-2500
Загальне мікробне число	бактерій / 1г	≥500 000	≥500 000	≥500 000	≥500 000
Титр лактозопозитивних кишкових паличок	г / 1 бактерію	≤10	≤1	≤10	≤10
Титр-перфрингенс	г / 1 бактерію	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,1
Патогенний стафілокок	бактерій/10 г	0	0	0	0
Синегнійна паличка	бактерій/10г	0	0	0	0
Вірулентна форма перфрингенс	бактерій/ 1 г	0	0	0	0

Таким чином, необхідною та достатньою умовою надання певному органо-мінеральному колоїдальному утворенню статусу пелоїду є відповідність першого критеріям генетичної класифікації (див. табл.1.1) і вимогам до лікувальних грязей (див. табл.1.2).

1.4. Лікувальні властивості пелоїдів

Лікувальна дія пелоїдів при їх терапевтичному застосуванні зумовлена протизапальними, протинабряковими, метаболічними, трофічними, репаративно-регенеративними, імуномодулюючими, бактерицидними,



біостимулюючими, седативними, кератолітичними ефектами. Механізм лікувальної дії пелоїдів полягає в комплексному впливі на пацієнта термічного, механічного, хімічного та біологічного факторів [88, 100-102].

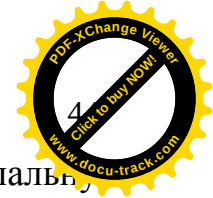
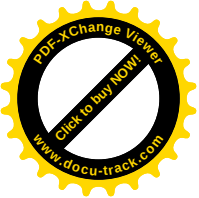
Дія термічного фактора полягає в тому, що в місцях накладання аплікацій температура шкіри та підшкірної клітковини підвищується на 1,5-2,5 °С. Локальна гіпертермія зумовлює розширення судин мікроциркулярного русла, сприяє прискоренню притоку крові до шкіри й відтоку лімфи, активації нефункціонуючих капілярів та артеріоло-венозних анастомозів. Певною мірою ефекти під дією термічного фактора подібні до гірчичників та банок, тільки великих за площею. Дія цього фактора також спричиняє виділення шкірою біологічно-активних речовин (у першу чергу – гістаміну та брадикініну), які збільшують проникність судин і викликають зміну рН шкіри, унаслідок чого посилюється транспорт розчинених у пелоїдах мінеральних та органічних біологічно активних речовин [101].

Термічними властивостями пелоїдів є їхня висока теплоємність, теплоутримувальна здатність і мала теплопровідність. Термічні властивості пелоїдів визначаються, у першу чергу, їх хімізмом, зокрема, співвідношенням неорганічних і органічних сполук. Наприклад, теплопровідність мулових сульфідних пелоїдів майже вдвічі вища, ніж торфових, що пояснюється великим вмістом у сульфідних мулових пелоїдах мінеральних речовин і рН грязьового середовища [74].

Механічний фактор полягає в подразненні механорецепторів. Цікаво, що в разі аплікацій великої площі сумісна дія термічного та механічного факторів підсилює гальмівні процеси у центральній нервовій системі, викликає седативні, антиспастичні, знеболювальні ефекти, уповільнює пульс і знижує артеріальний тиск [101].

Вплив хімічного фактора пов'язують із біологічною активністю численних мінеральних (катионів та аніонів грязьового розчину, сірководню й гідротроїліту) та органічних речовин пелоїдів.

Так, неорганічні катіони й аніони адсорбуються шкірою та беруть участь



у процесі збудження й проведення нервового імпульсу, мають протизапальну, та протинабрякову дію, а також впливають на водно-сольовий баланс, рН, електрохімічні характеристики шкіри [103, 104].

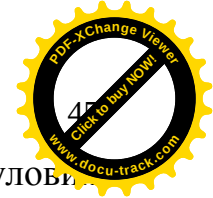
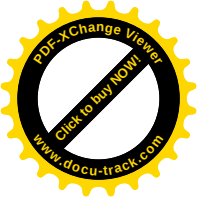
Характерною особливістю цього типу пелоїдів є вміст у них сірководню, який може бути в розчиненому (вільний сірководень), та у зв'язаному стані, а також у вигляді сульфатів, сульфідних іонів і гідротроїліту. Сірководень і сульфідні іони проявляють на організм дію, аналогічну впливові сірководневих ванн.

Механізми терапевтичної дії хімічного чинника, пов'язаного з мінеральним складником, а також термічного та механічного чинників загалом досить схожі в штучних пелоїдів, що застосовуються в пелотерапії на західноєвропейських спа-курортах, і в природних пелоїдів, що використовуються в бальнеології на території країн колишнього СРСР та в кліматотерапії в районі Мертвого моря (Ізраїль). Дослідники неодноразово акцентували увагу на тому, що природні пелоїди, порівняно зі штучними, мають більш широкий спектр лікувальних властивостей і виразнішу терапевтичну активність. Цей феномен пов'язують із наявністю в природних пелоїдах складного комплексу різноманітних біологічно активних органічних речовин [102-105].

Біологічно активними речовинами природних пелоїдів, які мають терапевтичний ефект і пов'язані з генезисом лікувальних грязей, є гідротроїліт, гумінові речовини (гумінові, гіматомеланові кислоти та фульвокислоти, гумін), бітумінозні сполуки, гліцерин, неполярні гази (зокрема, метан), пептиди, гормоноподібні речовини (стероїди та тиреоїди), ліпіди та ненасичені жирні кислоти, амінокислоти, вітаміни, бета-каротин і продукти його трансформації, лігнін, пентациклічні тритерпеноїди, багатоатомні спирти (зокрема, фітол) та ін. [3, 101, 106-108].

Ученими вже описано механізм дії деяких із цих речовин при грязелікуванні [56, 88, 101, 102, 104].

Одним із найбільш активних компонентів пелоїдів вважається



гідротроїліт. Саме він зумовлює найвищу біологічну активність мулових сульфідних грязей порівняно з іншими групами пелоїдів [55].

Терапевтичний ефект гідротроїліту встановлений для високомінералізованих середньосульфідних приморських пелоїдів. На прикладі так званого чорного мулу Мертвого моря доведено, що саме гідротроїліт зумовлює терапевтичний ефект пелоїду в разі екземних висипань, нейродерматитів, псоріазу. Він також має протизапальну активність [58].

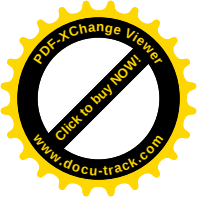
Ліпідотропні пептиди та стероїди, гумінові кислоти, неполярні молекули газів проникають у шкіру крізь протоки сальних залоз та волосяних фолікул і підсилюють метаболізм, підвищують збуджуваність і провідність нервових клітин шкіри [101].

Бітумінозні сполуки використовуються як лікарський засіб з античних часів [109]. У XX ст. екстракти бітумінозних речовин із чорних пелоїдів Мертвого моря застосовувались як лікарський препарат для лікування низки захворювань шкіри [110]. Експериментально було показано протизапальні властивості бітумів пелоїдів [111].

Гумінові кислоти та стероїдовмісні фракції також мають протизапальну дію – вони обмежують міграцію лейкоцитів у набряки за рахунок деструктивної активності гіалуронідази. Гумінові кислоти торфових пелоїдів підвищують долю вільної фракції глюкокортикоїдів у крові і при тривалих курсах пелотерапії підвищують тонус парасимпатичної нервової системи [56, 101, 112].

Мікродози гормоноподібних речовин, резорбованих із пелоїду, індукують продукцію аденокортикотропного гормону та соматотропіну гіпофізом, інсуліну – підшлунковою залозою, а також синтез простагландину Е. Стимуляція гіпофіз-аденокортикальної системи при деяких захворюваннях має імуносупресивний ефект й обмежує аутоімунну агресію шляхом стабілізації проникності лізосомальних мембран макрофагів і гістіоцитів [96].

Важливе значення у фармакологічній активності пелоїдів надається



антиоксидантам, зокрема, складним ліпідним комплексам, поліненасиченим жирним кислотам і бета-каротину, що містяться в пелоїдах [96, 97]. Бета-каротин, крім того, нормалізує роботу судин.

Із усього різноманіття ферментів, які продукуються мікроорганізмами пелоїдів (каталаза, протеаза, інвертаза, ліпаза та ін.), найбільш вивченими є лікувальні ефекти, пов'язані з каталітичними та протеолітичними ферментами лікувальних грязей. Так, науковці стверджують, що каталази та протеази відіграють важливу роль у гальмуванні запальних процесів [91, 92].

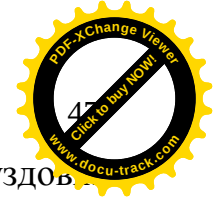
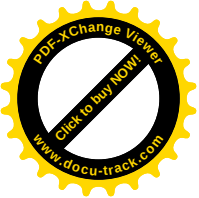
Біологічний фактор пов'язаний з активністю мікрофлори пелоїдів, яка, конкуруючи з мікроорганізмами шкіри, спричиняє їхню загибель і відторгнення відмерлих лусочок рогового шару епідермісу. Вважається, що внаслідок закупорки мікроорганізмами проток сальних і потових залоз у них утворюються кремнієві колоїди та мікрозапальні інфільтрати. Це спричиняє міграцію в дерму клітин Лангерганса та виділення інтерлейкінів, які, у свою чергу, зумовлюють підвищення рівня Т-хелперів, гістіоцитів, еозинофілів, а також фагоцитарної активності нейтрофілів, унаслідок чого відбувається активація клітинного імунітету в шкірі [101].

Лікувальні властивості, зумовлені біологічним і частково – хімічним фактором (біологічно активними органічними речовинами та гідротроїлітом), притаманні саме природним, а не штучним спа-пелоїдам. Поява цих властивостей є наслідком діяльності біоти в процесі пелоїдогенезу, тривалість якого в торфових, мулових сульфідних і сапропелевих грязей становить десятки, сотні та навіть тисячі років. Віддаленим аналогом природного пелоїдогенезу для штучних спа-пелоїдів є період дозрівання (maturation), що на різних спа-курортах становить від 6 до 24 місяців.

1.5. Мулові сульфідні пелоїди: їх поширення та характеристика

Основною групою пелоїдів, яка застосовується в бальнеологічній практиці на території України, є мулові сульфідні пелоїди переважно приморського генезису.

Родовища сульфідних пелоїдів трапляються здебільшого на півдні

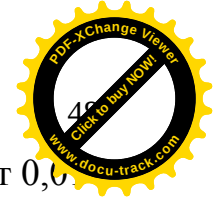
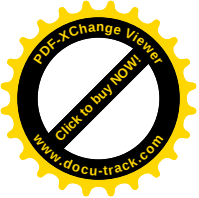


України: на північному узбережжі Чорного та Азовського морів, уздовж західної частини Кримського півострова та в районі Керченської затоки. За географічним принципом вони поділяються на родовища Приазовської, Північнопричорноморської груп, Кримського півострова та степової медико-географічної зони України [3]. Згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 11 грудня 1996 р. №1499 «Про затвердження переліку водних ресурсів, що відносяться до категорії лікувальних», 13 грязьових родовищ визнані лікувальними. До них належать Сакське, Чокракське, Булганакське, Джау-Тепе, Оленівське, Узунларське, Тобечицьке, Кояське, Сасик-Сиваське, Кизил-Ярське, Богайли, Джарилгацьке та Ярилгацьке.

Поза межами України розвідано та експлуатується чимало мулових сульфідних родовищ, зокрема, на території Російської Федерації та Ізраїлю. В Росії до найвідоміших належать родовища озера Тамбукан на Північному Кавказі поблизу П'ятигорська, лиман Кизилтаський у дельті Кубані [113, 350], озеро Ульджай в Омській області [114], в Ізраїлі – соленасичені родовища південного басейну Мертвого моря [46-47, 57, 59].

Пелоїди мулових сульфідних родовищ являють собою бідні на органічні речовини (до 10% на суху речовину) донні відклади, які різною мірою збагачені сульфідами Феруму та водорозчинними солями. За вмістом сульфідів Феруму та водорозчинних солей вони значно перевершують торфові та сапропелеві відклади [75, 76]. Пелоїди, що належать до групи мулових сульфідних, інколи називають «основними», або «власне пелоїдами» [115].

Мулові сульфідні пелоїди м'які на дотик, сірого, темно-сірого або чорного кольору та мають виразний запах сірководню. Конкретне забарвлення залежить, у першу чергу, від вмісту в пелоїді Ферум (II) гідросульфід у формі гідротроїліту – чим вищий вміст останнього, тим темніший пелоїд. Формування гідротроїліту відбувається у відновному середовищі, яке в пелоїдах створюється завдяки біогенному сірководню, що виникає внаслідок метаболізму сульфатредуючих бактерій. Сіре або чорне

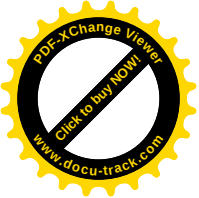


забарвлення пелоїдів може спостерігатися як у слабкосульфідних (вміст 0,0-0,15%), так і в середньо - (0,15-0,5%) та високосульфідних ($>0,5\%$) підтипах пелоїдів, оскільки фактором, що визначає забарвлення є не стільки вміст сульфідів, скільки абсолютна кількість сульфідів у формі гідротроїліту. У практиці гідрогеологічних режимно-експлуатаційних станцій, що здійснюють контроль і видобуток лікувальних грязей, мулові сульфідні пелоїди сірого кольору часто називають «окисненими», тоді як чорні пелоїди – «сірководневими». Для чорних пелоїдів, родовища яких, знаходяться в південному басейні Мертвого моря в Ізраїлі, застосовується спеціальна назва «чорний мул» («Black Mud») [109].

Певним чином забарвлення пелоїдів корелює з мінералізацією грязьового розчину та вмістом сульфідів. Так, аналіз даних, наведених Лободою [3], щодо забарвлення грязі, мінералізації грязьового розчину та вмісту сульфідів у 44 родовищах мулових сульфідних пелоїдів із території України, свідчить, що в слабкосульфідних родовищах, незалежно від ступеня мінералізації, відкладаються сірі, а у високосульфідних – чорні пелоїди. Забарвлення залежить від мінералізації грязьового розчину лише в середньосульфідних пелоїдів: родовища з низькою та середньою мінералізацією мають переважно темно-сірі пелоїди, тоді як з високою мінералізацією – чорні. Проте це лише тенденція, яка в слабкосульфідних пелоїдах має чимало винятків.

Як сірі, так і чорні пелоїди активно видобуваються для застосування в бальнеології та для виробництва косметичних і фармакологічних препаратів бальнеологічного призначення. При цьому в Україні здебільшого використовуються чорні пелоїди, а саме: Сакського родовища, тоді як в Ізраїлі – переважно сірі пелоїди південного басейну Мертвого моря.

Порівняльний аналіз названих вище родовищ показав переважання вмісту біологічно активних речовин у чорних пелоїдах Сакського озера над сірими пелоїдами Мертвого моря (від 2 до 10 разів, залежно від класу речовин). Так, вміст речовин 33 найменувань – ліпідів, насичених і

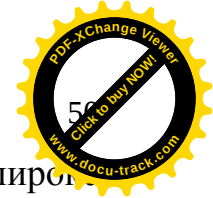
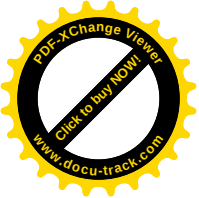


ненасичених жирних кислот, стероїдів, тригліцеридів, амінокислот (зокрема, валіну, тирозину, цистину та ін.) у чорних пелоїдах був у 2-3 рази вищим, ніж у сірих. Вміст інших біологічно активних компонентів – каротиноїдів, аскорбінової кислоти (вітамін С), тіаміну (вітамін В₁), токоферолів (вітамін Е), ретинолу (вітамін А) у сакських грязях перевищував їх вміст у ізраїльських у 3-10 разів [116].

Таким чином, порівняльний аналіз підтверджує обґрунтованість історичних традицій більш широкого використання саме чорних пелоїдів як таких, що мають кращий терапевтичний ефект порівняно із сірими.

Запах пелоїдів залежить, перш за все, від концентрації сірководню, а в деяких випадках – і від двох інших сірковмісних домішок – диметилсульфіду (наприклад, до середини ХХ ст. він зумовлював характерний гнилісний запах пелоїдів Сиваша, завдяки чому останній отримав назву Гниле море) та метантиолу (меркаптану). Пелоїди, в яких наявність диметилсульфіду та меркаптану виявляється органолептично, для використання в лікувальній практиці не придатні. Проте, слід зауважити, що утворення як диметилсульфіду, так і меркаптану є природними процесами. Утворення першого відбувається при мікробній трансформації осмопротекторів водоростей (зокрема, метилсульфопропіонової кислоти) за наявності метильних речовин і сірководню; другий є продуктом розкладу сірковмісних амінокислот білків. Обидві речовини можуть надалі утилізуватися анаеробними цукролітичними та гомоацетатними бактеріями родини *Halanaerobiaceae* [117, 118]. Таким чином, ступінь вияву запаху сірководню, диметилсульфіду та меркаптану, як і забарвлення пелоїдів, опосередковано характеризує активність певних мікробіологічних процесів, які відбуваються в грязях.

Мулові сульфідні пелоїди завжди пов'язані з галофільними екосистемами: солоними озерами материкового походження (аталасогенні), озерно-джерельними екосистемами, де на поверхню виходять джерела підземних мінеральних вод, екосистемами морських заток, приморськими



озерами та лиманами (таласогенні). В Україні найбільш широким використанням мають пелоїди приморського генезису – це родовища Приазовської, Північнопричорноморської груп і Кримського півострова.

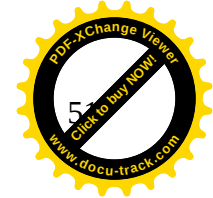
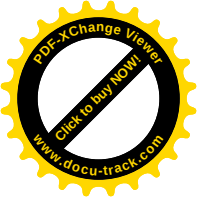
1.6. Погляди на утворення мулових сульфідних пелоїдів приморського типу генезису

Основні положення теорії утворення пелоїдів, у тому числі – приморських мулових сульфідних, були розроблені в 60-х роках ХХ ст. Л.Я. Яроцьким [4]. Саме на цій теорії базувалася розробка класифікації пелоїдів Іванова-Малахова та її сучасної модифікації (див. вище). Згідно з теорією Л.Я. Яроцького, утворення пелоїдів відбувається завдяки геологічним, фізико-хімічним і біологічним факторам.

До геологічних, за Л.Я. Яроцьким, належать 13 факторів, які групуються в три категорії (так звані елементи процесу) – по-перше, утворення вихідного матеріалу грязі у вигляді тонкоподрібненої щільної речовини та формування водних мас; по-друге, утворення просторово відокремленого скупчення цього вихідного матеріалу; по-третє, утворення напіврідкої суміші тонкоподрібненої щільної речовини з водою.

Фізико-хімічними та біологічними факторами є: 1) перетворення органічної речовини; 2) новоутворення мінералів; 3) соленакопичення; 4) метаморфізація хімічного складу грязьового розчину та води, що вкриває грязь; 5) дифузійний водно-сольовий обмін у системі «муловий розчин-вода, що покриває грязьову масу». Метаморфізація грязьового розчину та ропи (фактор 4), за Л.Я. Яроцьким, відбувається під впливом, по-перше, фізико-хімічних процесів, пов'язаних з концентрацією; по-друге, біогенних; по-третє, обмінно-адсорбційних процесів.

Зв'язок пелоїдоутворення з біологічним фактором розглядається в кількох аспектах: а) в утворенні органічної речовини пелоїдів; б) у негативному впливі кисню на збереження органічної речовини через її окислення; в) у процесах трансформації органічної речовини під впливом

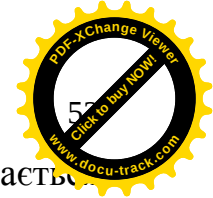
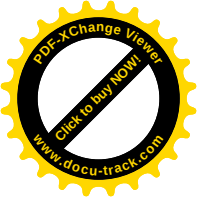


мікроорганізмів і кругообігу Феруму та Сульфуру.

Матеріал, який накопичується в осадах, Л.Я. Яроцький [4] поділяє на алохтонний, який надходить у водойму ззовні (у мулових сульфідних пелоїдів абсолютна кількість тонкодисперсних часток остову має саме таке походження), та автохтонний, який утворюється в самій водоймі. Автохтонний матеріал утворюється внаслідок життєдіяльності та при відмиранні рослинних і тваринних організмів, які населяють водойму, а також у результаті фізико-хімічних процесів, що приводять до випадіння тих чи інших солей. У частині, що стосується автохтонного матеріалу, відзначається особлива роль водоростей: «У накопиченні органічного автохтонного матеріалу, зазвичай, головна роль належить планктонному населенню водойм, зокрема, різноманітним водоростям. У разі, коли організми мають тверді мінеральні оболонки та скелетні утворення, ці останні входять до складу мулу як одна з основних його частин. Так можуть утворюватися вапнякові та кремнієві мули» [4].

Особливістю мулових сульфідних пелоїдів є низький вміст органічних речовин, оскільки при несприятливих умовах, до яких належить висока солоність води, «життя у водоймі пригнічується, кількість органічної речовини, що продукується, зменшується, у складі мулу домінантного значення починає набувати мінеральна речовина» алохтонної природи [4].

Л.Я. Яроцький підкреслює, що на збереження, накопичення та трансформацію органічної речовини мулових сульфідних пелоїдів аталасогенного та приморського типу позитивно впливають великі річні коливання мінералізації води. Водночас Л.Я. Яроцький зазначає, що «...в разі, коли водойма характеризується таким водним режимом, при якому відбуваються часті пересихання її на тривалий період, то в ній не буде формуватися родовище лікувальної грязі», оскільки «мул, що відклався на дні висохне, окислиться, зокрема, окислиться його органічна речовина. Як наслідок, грязеутворення проходить неповно, навіть у періоди обводнення». Негативний вплив кисню на збереження органічної речовини підкреслено ще

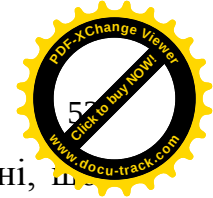
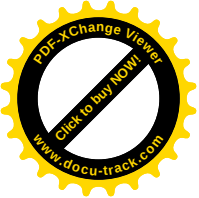


у двох аспектах: по-перше, при перемішуванні водних мас «...відбувається «спалювання» органічної речовини в аеробних умовах», по-друге, «...надмірне опріснення мінеральних озер спричиняє аерацію придонних шарів, а опріснення грязьової маси – активізацію процесу мінералізації органічної речовини мулу, заселення дна моллюсками та ін.» [4].

Абсолютна більшість озер приморських мулових родовищ характеризуються дефіцитом у водному балансі – випаровування зумовлює зниження рівня води та зростання солоності. Це створює сприятливі умови для руху морської води в озеро. Генезис таких родовищ характеризується певною етапністю. Озера першої стадії зберігають зв'язок із морем, при якому живлення морською водою відбувається через протоки чи шляхом перекидання води через пересипи під час штормів. Коливання рівня води та солоності, а також вплив на них гідрометеорологічних факторів найменший. На другій стадії озера повністю ізольовані від моря, проте мають постійне покриття ропою й підживлюються морською водою внаслідок її фільтрації крізь піщано-галечниковий пересип або водоносний горизонт, в який врзана озерна котловина. Озера третьої стадії – це неглибокі водойми, що періодично пересихають і мають лише сезонне покриття ропою. При переході від однієї стадії до іншої роль морської води у живленні водойми поступово знижується, а першочергового значення у водозабезпеченні набувають поверхневий та підземний стоки; коливання рівня води та солоності стають різкішими, режим водойми поступово повністю підпорядковується метеорологічним факторам. На третій стадії домінація випаровування із дзеркала озера над поверхневим стоком призводить до щорічних повних чи майже повних пересихань озер.

Л.Я. Яроцький також зазначає, що родовища лікувальних грязей трапляються в озерах різних стадій, і, як приклад, наводить родовища на озері Донузлав (перша стадія), на Сакському та Мойнакському озерах (друга стадія), на періодично пересихаючому озері Аджи-Голь (третя стадія).

Теорія утворення пелюїдів Л.Я. Яроцького вважається класичною,



протягом півсторіччя вона практично не зазнала змін. Проте в частині, що стосується ролі біологічного фактора, зокрема того, який може бути пов'язаний з участю водоростей у процесах накопичення й трансформації органічної речовини та консервації продуктів трансформації щодо мулових сульфідних пелоїдів приморського генезису вона, на нашу думку, є вельми неповною й містить низку спірних моментів. Основні з них такі:

1. Твердження про те, що головна роль у накопиченні автохтонної органічної речовини пелоїдів належить планктонним водоростям.

2. Положення про те, що за високої солоності життя водоростей у водоймі пригнічується, а кількість органічної речовини, що продукується, зменшується.

3. Теза про те, що під час пересихання водойми утворення пелоїдів припиняється, а раніше накопичена органічна речовина окислюється. Ця теза суперечить твердженню про те, що родовища пелоїдів трапляються в приморських озерах будь-якої стадії, включаючи третю – тобто ту, для якої характерне саме періодичне пересихання. Проте обидва з цих нібито взаємовиключних тверджень можуть виявитися правильними, якщо припустити наявність, принаймні, в окремих ситуаціях, пов'язаних із пересиханням, природної системи захисту покладів від дії атмосферного кисню.

Усі три проблеми прямо стосуються питань про склад, кількісні показники, структуру та роль водоростевих угруповань в утворенні приморських мулових сульфідних пелоїдів.

Твердження Л.Я. Яроцького будуть дійсними лише тоді, коли пересохлі ділянки не матимуть додаткового природного захисту родовища від дії атмосферного кисню. Коли ж є така природна система, пелоїдоутворення не припиняється. Проте питання, чи існує така система, і якщо так, то що вона собою являє, залишається відкритим.

РОЗДІЛ 3

ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Об'єкти й матеріали досліджень

Полеві дослідження альгологічного матеріалу та пелоїдів проводилися в 1997-2011 рр. на території трьох областей – Донецької, Запорізької та Херсонської (рис. 3.1) у межах трьох геоботанічних округів – Жданівського, Каховсько-Молочансько-Бердянського та Присивашського [119]. Дослідженнями були охоплені північне узбережжя Азовського моря та прилеглі території (Білосарайська коса, заплавно-гирлова зона р. Берди, Бердянська коса, заплавно-гирлові частини річок Обіточної, Корсак, Домузли, лівий берег Молочного лиману, Степанівська коса, коса Арабатська стрілка, окремі водойми Центрального Сиваша). Крім того, нами здійснювався відбір альгологічних проб в акваторії Молочного лиману.

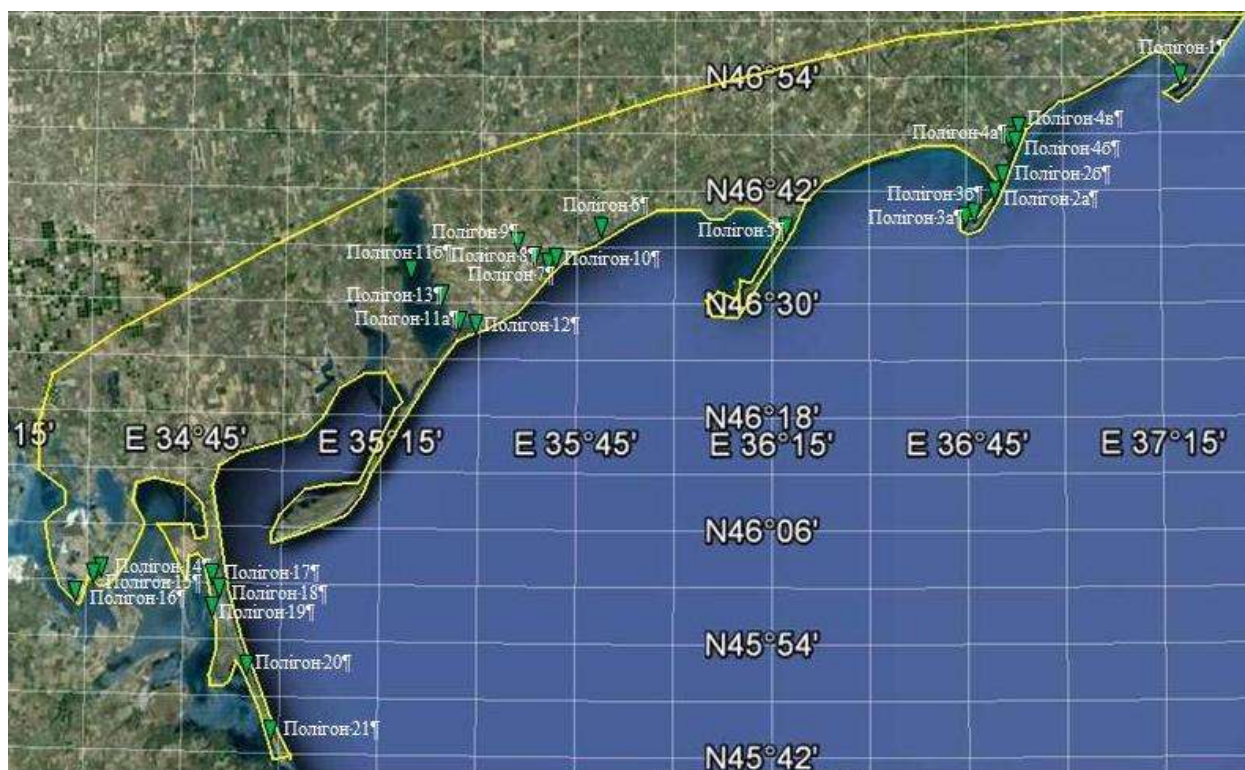
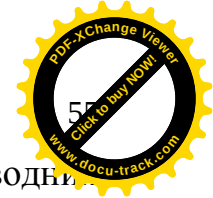
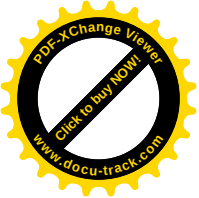


Рис. 3.1. Територія відбору проб.

Альгологічні проби (грунтові та водні) відбиралися навесні, влітку та



восени на 21 полігоні. Загалом відібрано та опрацьовано 618 зразків із водних біотопів; 771 зразок із водно-наземних біотопів та 396 зразків, відібраних у наземних біотопах. До складу полігонів входили різноманітні за походженням і водним режимом водойми та прилеглі до них території, які генетично з ними пов'язані.

У роботі термін «полігон» вживається зі значенням «водойма будь-якої стадії генезису, розміру чи її пересохле ложе, площа урізу води та навколишня підвищена незатоплювана ділянка з вищою рослинністю (на відстані до десяти метрів від водойми)». При цьому ми враховуємо, що досліджувані полігони можуть бути, за Л.Я. Яроцьким, «можливим родовищем мулових сульфідних пелоїдів» [4].

Вибір полігонів проводився на підставі польових рекогносцирувальних досліджень маршрутним методом.

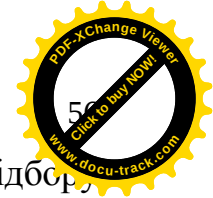
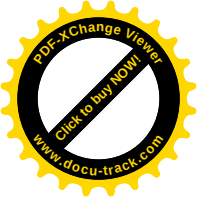
Опис полігонів здійснювався за такою схемою:

- розташування полігону;
- стисла ландшафтна характеристика території;
- водний режим водойм, які знаходяться на території полігону;
- основні гідрохімічні показники води та ропи;
- стислий опис вищої рослинності території полігону;
- коротка характеристика макроскопічних водоростевих розростань і пелоїдів.

Опис вищої рослинності проводився за стандартно прийнятими геоботанічними методиками [120-122].

Обсяг природних видів вищих судинних рослин приймався на основі даних флористичного зведення «Визначник вищих рослин України» (1987) [123].

У межах полігонів альгологічні дослідження проводилися на пробних площах, координати яких фіксувалися за допомогою GPS-навігатора Garmin eTrex 10. Відбір альгологічних проб здійснювався з поверхні дна водойми (у тому числі з поверхні ґрунту пересохлої водойми), із водної товщі, по урізу



води та на підвищених незатоплюваних ділянках. У всіх місцях відбору зазначалися наявність пелоїду та його органолептичні показники. Лабораторні дослідження фізико-хімічних властивостей пелоїдів проводилися на двох модельних полігонах Бердянської коси та коси Арабатська стрілка. Методика досліджень альгологічного, мікробіологічного матеріалу та пелоїду наведені в підрозділах 3.3-3.7.

Об'єктом наших досліджень є водорості можливих родовищ мулових сульфідних пелоїдів та їх участь у процесі пелоїдоутворення.

3.2. Загальна характеристика полігонів дослідження

Полігон 1 розташований у Першотравневому районі Донецької області на околиці с. Білосарайська коса (на косі Білосарайська) в межах пробної площі БЛК-1 (рис. А.1). До названого полігону входить водойма лагунного типу I-II стадії генезису та прилеглі до неї території.

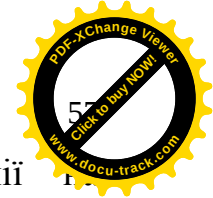
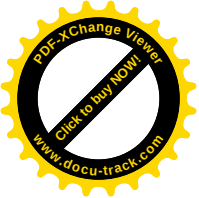
Основними ландшафтними елементами на території полігону є піщані гриви та міжкучугурні депресії, де найчастіше утворюються солоні озера різного режиму живлення.

Водний режим визначається надходженням морської води через протоку гирла внаслідок періодичних проривів пересипу, інфільтрацією морської води та атмосферними опадами. У літні сезони водойма частково пересихає та розділяється на кілька ізольованих невеликих водойм, розмежованих солончаками.

Водойма має такі розміри: довжина – до 500 м, ширина – до 30 м, максимальна глибина – до 50 см. Площа водного дзеркала змінюється залежно від сезону.

Солоність води коливалася від 45‰ у весняний до 74,2‰ у літній період; рН – від 6,5 у весняний період до 7,2 у літній період; окисно-відновний потенціал (ОВП) змінювався в межах від -0,87 до -121 мВ.

Вища рослинність у водоймі в теплий період представлена угрупованнями рдесту гребінчастого (*Potamogeton pectinatus* L.) з



проективним покриттям (ПП) 20-30%. Уздовж берегової лінії підвищеннях трапляються моновідомі зарості очерету південного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud) висотою 1,5-2 м і проективним покриттям 40-60% (рис. А.2). На знижених ділянках є угруповання солонцю європейського (*Salicornia europaea* L.) та кураю содового (*Salsola soda* L.) з ПП 10-20% (рис. А.3).

Навесні й влітку дно та уріз води вкриті макроскопічними водоростевими розростаннями з проективним покриттям 70-80%. Розростання являє собою насичену слизом плівку темно-зеленого кольору (рис. А.4). Верхній шар має повстеподібну структуру, позбавлений слизу, колір змінюється від бурого навесні до зеленого влітку. Під макроскопічними водоростевими розростаннями спостерігається пластичний пелоїд чорного кольору із запахом сірководню (рис. А.5).

У планктоні протягом періоду досліджень масового розвитку водоростей не спостерігалось.

На підвищених незатоплюваних ділянках у весняний період траплялися локальні макроскопічні водоростеві розростання синьо-зеленого кольору серед екземплярів серед *Salicornia europaea* та *Salsola soda*. В літній період, крім цих розростань, спостерігається невеликі за розміром сухі водоростеві кірки чорного кольору.

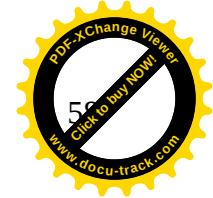
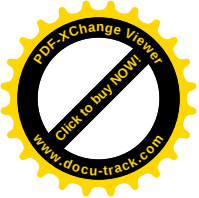
Полігон 2а розташований у Бердянському районі Запорізької області на околиці м. Бердянськ в «континентальній» частині Бердянської коси (рис. А.6). Включає водойму лагунного типу II стадії генезису.

Основними ландшафтними елементами на території полігону є глиниста рівнина з депресіями, на місці яких утворюються солоні водойми. Їхній водний режим формується за рахунок атмосферних опадів, ґрунтових вод, прямої дії вод Азовського моря та їх інфільтрації.

У межах полігону проводилися дослідження на пробній площі БРК-1.

Розміри досліджуваної водойми: 150х50 м, максимальна глибина – 0,5 м.

Під час досліджень солоність води коливалася в межах 61-167‰;



значення рН води – від 6,7 до 9,0; ОВП – від -92 до -128 мВ.

Уздовж берегової лінії водойми, на підвищеннях, виявлено зарості очерету південного висотою 30-50 см і проективним покриттям 5-10%. Домінантом тут є пирій видовжений (*Elytrigia elongata* (Host) Nevski) висотою 30-40 см і проективним покриттям 40-60% (рис. А.7).

Крім того, поодинокі чи з проективним покриттям меншим ніж 5% трапляються кермек Мейєра (*Limonium meyeri* (Boiss.) O. Kuntze) та полин сантонінський (*Artemisia santonica* L.). Ділянки дна водойми, які періодично висихають, зайняті рослинними угрупованнями із солонцю європейського. Водна занурена рослинність представлена угрупованнями *Potamogeton pectinatus* із проективним покриттям 10-20%.

Влітку поверхня пересохлої водойми вкрита макроскопічним водоростевим розростанням брудно-рожевого кольору з проективним покриттям 70-80%, під яким знаходиться чорний пластичний пелоїд із запахом сірководню (рис. А.8).

У весняний і літній періоди спостерігаються макроскопічні водоростеві розростання, які вкривають дно водойми. Розростання має повстеподібну структуру. Проективне покриття розростання – 60-70% (рис. А.9).

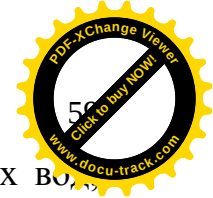
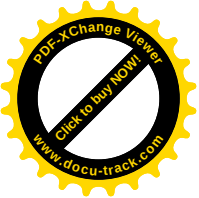
У товщі води масового розвитку водорості не набувають.

По урізу води трапляються макроскопічні водоростеві розростання темно-зеленого кольору, які влітку вкриваються нагінним зеленим водоростевим жабуринням (рис. А.10). Під водоростевими розростаннями виявлено чорний пелоїд із запахом сірководню.

На підвищених незатоплюваних ділянках із вищою рослинністю макроскопічних розростань водоростей немає.

Полігон 26 розташований на території Бердянського району Запорізької області (околиця м. Бердянськ) в «континентальній» частині Бердянської коси. Включає дві водойми лагунного типу II стадії генезису (рис. А.6).

Основними ландшафтними елементами на території полігону є глиниста рівнина з депресіями, на місці яких утворюються солоні водойми. Водний



режим водойм формується за рахунок атмосферних опадів, ґрунтових вод, прямої дії вод Азовського моря та їх інфільтрації.

У межах полігону проводилися дослідження на двох пробних площах – БРК-6, БРК-8.

Розміри більшої водойми становлять 300x100 м, глибина – 0,2 м; меншої – 50 x 10 м, глибина – 50 см.

Під час досліджень солоність води коливалася в межах від 46 до 62‰, рН – від 6,8 до 7,3.

Уздовж берегової лінії водойм, на підвищеннях, наявні зарості очерету південного висотою 30-50 см і проективним покриттям 5-10%. Домінантом є *Elytrigia elongata* висотою 30-40 см і проективним покриттям 40-60%. Крім того, з проективним покриттям меншим ніж 5% трапляються *Limonium meyeri* та *Artemisia santonica*. На ділянках дна водойм, які періодично висихають, виявлено рослинні угруповання із солонцю європейського.

На пробній площі БРК-6 дно водойми вкрите макроскопічним водоростевим розростанням темно-зеленого кольору у вигляді суцільної плівки з проективним покриттям 80-90%. Під розростаннями є пелоїд чорного кольору із запахом сірководню.

У товщі води масового розвитку водорості не набувають.

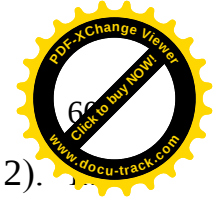
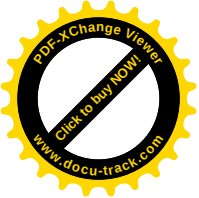
По урізу води збираються дві різні за кольором водоростеві «пінки» – зелена та червона.

На підвищених незатоплюваних ділянках із вищою рослинністю макроскопічних водоростевих розростань немає.

На пробній площі БРК-8 дно водойми вкрите плівчастим макроскопічним водоростевим розростанням темно-зеленого кольору з проективним покриттям до 70%, під яким виявлено чорний пластичний пелоїд із запахом сірководню.

На поверхні водного дзеркала (ближче до урізу води) спостерігається водоростеве «цвітіння» темно-зеленого кольору (рис. А.11).

По урізу води є макроскопічні водоростеві розростання червоно-



фіолетового кольору з проективним покриттям до 80% (рис. А.12). Поверхня вкрита кристалами солі. Під водоростевими макроскопічними розростаннями міститься пелоїд чорного кольору із запахом сірководню.

На підвищених незатоплених ділянках із вищою рослинністю макроскопічних водоростевих розростань не виявлено.

Полігон 3а розташований у Бердянському районі Запорізької області на околиці м. Бердянськ у межах ландшафтного заказника місцевого значення «Оголовок Бердянської коси» (рис. А.13).

Основними ландшафтними елементами є депресійні форми мікрорельєфу, які розташовані за приморським валом. На місцях депресій утворюються невеликі за розмірами солоноводні водойми.

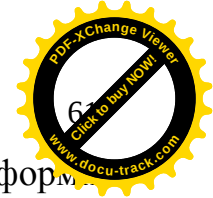
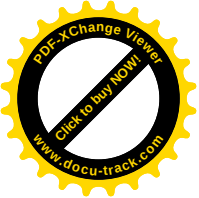
Водний режим формується за рахунок атмосферних опадів, ґрунтових вод, прямої дії вод Азовського моря та їх інфільтрації.

На території полігону дослідження проводилися на пробній площі БРО-1. Розміри висохлої водойми становили 15х3 м. Солоність води в прикопці – 12,5‰, рН=9,0.

Вища рослинність на мікропідвищеннях представлена монодомінантними угрупованнями *Phragmites australis* висотою 1,5-2 м та проективним покриттям 50-60% . Більш низькі ділянки зайняті галофітними луговими ценозами з домінуванням покісниці велетенської *Puccinellia gigantea* (Grossh.). На ділянках дна водойм, які періодично висихають, спостерігаються рослинні угруповання із солонцю європейського.

Поверхня пересохлої водойми вкрита макроскопічними водоростевими розростаннями різного кольору – від оливкового до чорно-зеленого з проективним покриттям 80%. Під розростаннями виявлено чорний пелоїд із запахом сірководню (рис. А.14- А.15).

Полігон 3б розташований у Бердянському районі Запорізької області (околиця м. Бердянськ) у межах ландшафтного заказника місцевого значення «Оголовок Бердянської коси». Включає водойму лагунного типу II стадії генезису (рис. А.13).



Основними ландшафтними елементами є депресійні форми мікрорельєфу, які розташовані за приморським валом.

На місцях депресій утворюються невеликі за розміром солоноводні водойми.

Водний режим водойми формується за рахунок атмосферних опадів, ґрунтових вод, прямої дії вод Азовського моря та їх інфільтрації.

На території полігону досліджувалася пробна площа БРО-5. Розміри досліджуваної водойми становлять 2х2 м, максимальна глибина – до 20 см. Солоність води – 26,5‰, рН – 9,0.

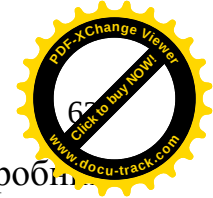
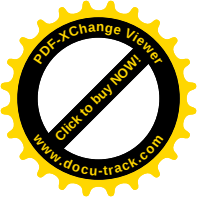
Вища рослинність на мікропідвищеннях представлена монодомінантними угрупованнями *Phragmites australis* висотою 1,5-2 м та проективним покриттям 50-60%. Більш низькі ділянки зайняті галофітними луговими ценозами з домінуванням *Puccinellia gigantea*. Частини дна водойми, які періодично висихають, містять рослинні угруповання із солонцю європейського.

У товщі води спостерігається водоростеве «цвітіння» жовтого кольору. По урізу води виявлені макроскопічні водоростеві розростання сірого кольору з проективним покриттям до 60%. Під ними є чорний пластичний пелоїд із запахом сірководню (рис. А.16).

Полігон 4а розташований у Бердянському районі Запорізької області (околиця м. Бердянськ) на території заказника державного значення «Заплава р. Берди». Полігон включає водойми лиманного типу III стадії генезису (рис. А.17).

Водний режим формується за рахунок притоку річкових вод (водойми пов'язані системою штучних каналів із гирловою частиною р. Берда) і атмосферних опадів.

На території полігону досліджувалися три пробні площі – БРМ-9, БРМ-10, БРМ-11. Форма водойми на пробній площі БРМ-9 майже кругла, ширина становить 300 м, глибина – до 10 см. Водойма, яка знаходиться на пробній площі БРМ-10, на момент дослідження була пересохлою. Розміри ложа



пересохлої водойми – 230 м x 180 м. Водойма, яка знаходиться на пробній площі БРМ-11, має розмір 650 м x 500 м при максимальній глибині 15 см.

Солоність води становить 26,5-35‰; pH=9,0.

Вища рослинність, занурена у воду, представлена заростями *Potamogeton pectinatus*. По периферії озера спостерігаються стрічкові зарості *Phragmites australis* шириною 10-20 м і висотою 1,5-2 м, проективне покриття – 70-80%. За стрічкою очеретяних заростей розташовуються лучні ценози з домінуванням *Puccinellia gigantea*, ситнику Жерара (*Juncus gerardii* Loisel.) та бульбокомишу морського (*Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla). Іноді трапляються поодинокі куртини *Elytrigia elongata*. Наявність у складі лучних ценозів облігатних галофітних видів, таких, як *Salicornia europaea*, *Salsola soda* та ін., дає можливість стверджувати, що характер рослинності може кардинально змінюватися в бік формування галофільних угруповань. Це пов'язано зі специфікою штучного регулювання водного режиму озера.

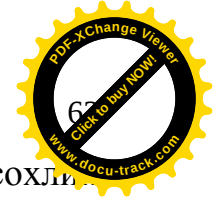
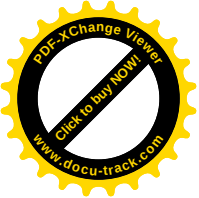
На дні водойми пробної площі БРМ-9 виявлені макроскопічні водоростеві розростання синьо-зеленого кольору з проективним покриттям 40-50%, під якими є чорний пластичний пелоїд із запахом сірководню. У товщі води масового розвитку водорості не набувають.

У водоймі спостерігається водоростеве «цвітіння» жовто-зеленого кольору (рис. А.18).

На поверхні пересохлої водойми пробної площі БРМ-10 є розтріскані макроскопічні водоростеві розростання темно-коричневого кольору з проективним покриттям 50%, під якими міститься чорний пелоїд із запахом сірководню (рис. А.19).

Дно водойми пробної площі БРМ-11 вкрите суцільним макроскопічним водоростевим розростанням із проективним покриттям 90%. Під водоростевим розростанням – чорний пластичний пелоїд із запахом сірководню (рис. А.20). У товщі води масового розвитку водорості не набувають.

На пересохлій частині водойми є макроскопічні водоростеві розростання



у вигляді полігональних кірок. За урізом води, на поверхні пересохли ділянок, спостерігаються нечисленні водоростеві розростання, під якими виявлено пелоїд чорного кольору із запахом сірководню.

Полігон 4б розташований у Бердянському районі Запорізької області на околиці м. Бердянськ у заказнику державного значення «Заплава р. Берди». Включає одну водойму лиманного типу III стадії генезису (рис. А.17).

У межах полігону досліджено пробну площу БРМ-13. Влітку водойма пересихає. Водний режим формується за рахунок притоку річкових вод (водойма пов'язана системою штучних каналів із гирловою частиною р. Берда) і атмосферних опадів.

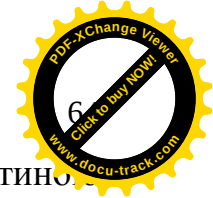
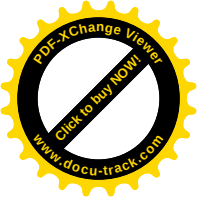
Вища водна рослинність представлена заростями *Potamogeton pectinatus*. По периферії пересохлої водойми розташовані смугові зарості *Phragmites australis* шириною 10-20 м і висотою 1,5-2 м, проективне покриття – 70-80%. За смугою очеретяних заростей знаходяться лучні ценози з домінуванням *Puccinellia gigantea*, *Juncus gerardii* та *Bolboschoenus maritimus*.

Іноді трапляються поодинокі куртини *Elytrigia elongata*. Наявність у складі лучних ценозів облігатних галофітних видів, таких, як *Salicornia europeae*, *Salsola soda* та ін., дає можливість стверджувати, що характер рослинності може кардинально змінюватися в бік формування галофільних угруповань. Це пов'язано зі специфікою штучного регулювання водного режиму водойми.

На незатоплюваних підвищених ділянках з вищою рослинністю спостерігаються макроскопічні водоростеві розростання оливкового кольору з проективним покриттям 30%, під якими виявлено пелоїд сірого кольору (рис. А.21).

Полігон 4в розташований у Бердянському районі Запорізької області на околиці м. Бердянськ у заказнику державного значення «Заплава р. Берди». Включає одну водойму лиманного типу II стадії генезису (рис. А.17).

У межах полігону досліджувалась одна пробна площа – БРМ-14. Влітку водойма пересихає. Водний режим формується за рахунок притоку річкових



вод (водойма системою штучних каналів пов'язана з гирловою частиною р. Берда) і атмосферних опадів.

Вища водна рослинність представлена заростями *Potamogeton pectinatus*. По периферії пересохлої водойми є стрічкові зарості *Phragmites australis* шириною 10-20 м і висотою 1,5-2 м, проективне покриття – 70-80%. За стрічкою очеретяних заростей розташовуються лучні ценози з домінуванням *Puccinellia gigantea*, *Juncus gerardii* та *Bolboschoenus maritimus*. Іноді трапляються поодинокі куртини *Elytrigia elongata*. Наявність у складі лучних ценозів облігатних галофітних видів, таких, як *Salicornia europaea*, *Salsola soda* та ін., свідчить, що характер рослинності може кардинально змінюватися в бік формування галофільних угруповань. Це пов'язано зі специфікою штучного регулювання водного режиму озера.

На поверхні ґрунту лежа пересохлої водойми виявлені сухі макроскопічні водоростеві розростання коричневого кольору з проективним покриттям 60%, під якими є чорний пластичний пелоїд із корінням вищої рослинності та запахом сірководню.

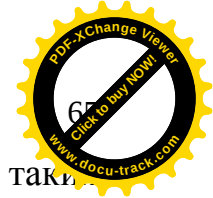
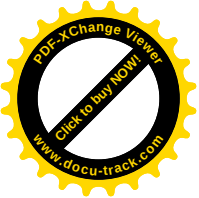
Полігон 5 розташований у Приморському районі Запорізької області в континентальній частині Обіточної коси, де знаходиться озеро Великий лиман (рис. А.22). Включає одну водойму лагунного типу I-II стадії генезису.

Територія являє собою рівну поверхню з депресійними формами рельєфу. Північна та західна частини досліджуваної водойми відокремлені дамбами.

Водний режим формується за рахунок надходження атмосферних опадів, ґрунтових вод та інфільтрації вод Азовського моря й залежить від згінно-нагінних процесів. Дослідження проводилися на пробній площі ОК-1.

Досліджувана водойма має такі розміри: довжина – до 250 м, ширина – до 100 м, максимальна глибина – 25 см. Площа водного дзеркала змінюється залежно від сезону.

Солоність води коливалася в межах 108-169‰; pH=7,1 - 7,2; ОВП – від -85 до -106 мВ.



Вища рослинність уздовж берегів представлена угрупованнями з таких видів, як *Phragmites australis*, *Artemisia santonica*, мітлиця азовська (*Agrostis maeotica* Klok.), содник солончаковий (*Sueda salsa* L.). На пересихаючих ділянках дна водойми трапляються поодинокі екземпляри *Salicornia europaea*.

У весняний і літній періоди на дні водойми спостерігаються макроскопічні водоростеві розростання з проективним покриттям 40-50% (рис. А.23). Шари розростання морфологічно відрізняються за структурою та кольором. Під ними виявлено чорний пластичний пелоїд із запахом сірководню. У місцях, де немає макроскопічних розростань, спостерігається пелоїд темно-сірого кольору.

Навесні та влітку водорості розвиваються масово, утворюючи макроскопічні розростання на дні водойми та «цвітіння» в товщі води зеленого кольору (рис. А.24, рис. А.25).

Із водної товщі водоростева маса виноситься до урізу води, утворюючи там яскраво-зелену «смугу» (рис. А.26, рис. А.27). Під розростаннями виявлено темно-сірий пелоїд із невеликою кількістю черепашки та піску.

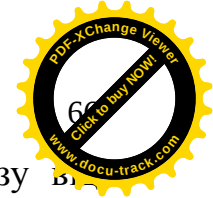
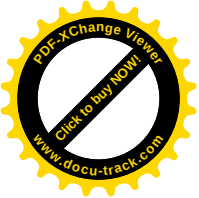
На підвищених незатоплюваних ділянках із вищою рослинністю у весняний період спостерігаються локальні дифузні макроскопічні розростання зеленого кольору, яких немає влітку.

Полігон 6 розташований у Приазовському районі Запорізької області на околиці с. Строганівка в гирловій частині р. Корсак (рис. А.28).

Територія являє собою рівну поверхню з депресійними формами рельєфу, де розміщені водойми лиманного типу II стадії генезису.

Режим водойм формується за рахунок надходження вод р. Корсак (весняний період), атмосферних опадів, інфільтрації морської води крізь приморський бар і прямої дії моря під час потужних штормів.

Довжина водойми, на якій проводилися дослідження, – до 150 м, ширина – до 50 м, максимальна глибина – 0,25 м. Площа водного дзеркала значно змінюється залежно від сезону. З півночі водойма межує з рібними



ставками, які відокремлені дамбою. Західна частина висока, відразу біля берега починаються сільгоспугіддя. З боку моря водойма відокремлена піщаним баром. Східний бік знижений.

Солоність води у водоймі коливається в межах 73,7-100‰; pH=6,8 - 7,3; ОВП – від -51 до -126 мВ.

Дослідження на території полігону проводилися на одній пробній площі СТ-1.

Вищої водної рослинності у водоймі немає. Масово трапляються мертві рештки *Potamogeton pectinatus*, що, на нашу думку, свідчить про значний рівень коливання солоності водойми. У центральній і північній (пересохлих) частинах водойми спостерігаються угруповання покісничі розставленої (*Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.) і *Salicornia europaea* (рис. А.29). Наявність у середній і північній частинах водойми угруповань *Puccinellia distans*, ймовірно, пов'язане з інфільтрацією прісної води крізь дамбу рибставка.

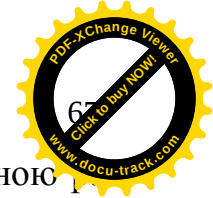
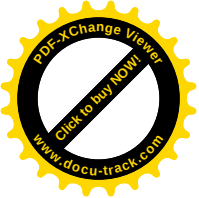
У південній частині водойми вказані угруповання повністю відсутні у зв'язку з більш жорстким режимом солоності. По берегах східної зниженої частини трапляється угруповання *Phragmites australis* з проективним покриттям 20-30% і висотою 1,5 м.

Навесні на дні водойми в товщі та по урізу води макроскопічних водоростевих розростань не виявлено. По урізу води на поверхні зволожених ділянок відмічаються локальні макроскопічні водоростеві розростання синьо-зеленого кольору, під якими є чорний пластичний пелоїд (рис. А.30).

У літній період на дні водойми спостерігаються макроскопічні водоростеві розростання темно-зеленого кольору з проективним покриттям 60%, під якими виявлено чорний пелоїд із запахом сірководню (рис. А.31). У товщі води масового розвитку водорості не набувають.

На підвищених незатоплюваних ділянках із вищою рослинністю макроскопічних водоростевих розростань не виявлено.

Полігон 7 Приазовський р-н Запорізької обл., окол. с. Новокостянтинівка. Заплава р. Домузли. Включає аталасогенну водойму



лиманного (заплавного) типу II стадії генезису, яка є гирловою частиною Домузла, що відокремлена дамбою (рис. А.32).

Водний режим водойми формується за рахунок атмосферних опадів, а також близько розташованих мінералізованих ґрунтових вод.

У межах полігону спостереження проводилися на пробній площі ПП-4.

Під час дослідження майже вся водойма пересихала. Максимальна довжина поверхні пересохлої водойми з півночі на південь – 600 м; максимальна ширина із заходу на схід – 400 м. У місцях, де збереглися залишки води, максимальна глибина становить 10 см.

Водної рослинності не виявлено. На пересихаючих ділянках водойми та по її периферії трапляються угруповання *Salicornia europaea*, сарсазану шишкуватого (*Halocnemum strobilaceum* (Pall.) Bieb.), галіміони бородавчастої (*Halimione verrucifera* (Bieb.) Aell.), *Suaeda salsa*. У місцях, де збереглися залишки води, спостерігаються тонкі локальні макроскопічні водоростеві розростання синьо-зеленого кольору. Пелоїду немає.

Полігон 8 розташований у Приазовському районі Запорізької області на околиці с. Новокостянтинівка в заплаві р. Домузли (рис. А.32). Включає водойму аталасогенного типу III стадії генезису.

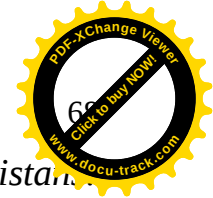
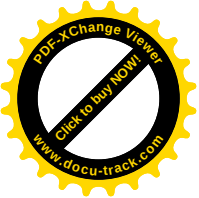
Ландшафтні елементи представлені депресійними формами рельєфу, які періодично затоплюються атмосферними та річковими водами.

Водний режим водойми формується за рахунок річкових вод р. Домузли (весняний період), атмосферних опадів і ґрунтових вод.

Полігон розташований перед дамбою, яка повністю перетинає річкову заплаву. У межах полігону спостереження проводилися на пробній площі ПП-5.

Максимальна довжина водойми – 700 м, максимальна ширина – 200 м, глибина до 20 см.

Вищої рослинності у водоймі немає. На пересихаючих ділянках водойми та по її периферії трапляються угруповання *Salicornia europaea*. Уздовж берегів, на пухких солончаках, зафіксовані куртини *Halocnemum strobilaceum*



(рис. А.33). На підвищених ділянках водойми є «острівки» *Puccinellia distans*.

На ґрунті між куртинами *Halocnemum strobilaceum* спостерігається водоростеве «цвітіння» зеленого кольору. Макроскопічних водоростевих розростань на поверхні ґрунту пересохлої частини долини р. Домузла немає. Пелоїд сірий, окислений.

Полігон 9 розташований у Приазовському районі Запорізької області на околиці с. Новокостянтинівка. Включає аталасогенну водойму III типу генезису – заплаву р. Домузли (рис. А.32)

Ландшафтні елементи представлені вирівняними пухкими солончаками з депресійними формами рельєфу, які періодично затоплюються атмосферними та річковими водами.

Водний режим формується за рахунок вод р. Домузли (весняний період), атмосферних опадів і ґрунтових вод.

Полігон знаходиться за дамбою, яка повністю перетинає річкову заплаву.

На території полігону трапляються поодинокі екземпляри *Salicornia europaea*. Крім того, зафіксовані куртини *Halocnemum strobilaceum*.

У межах полігону спостереження проводилися на пробній площі ПП-6.

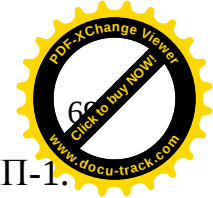
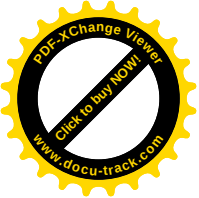
На момент дослідження водойма була майже пересохлою. В пониженнях, де збереглися залишки води, глибина сягає 1-2 см. У воді спостерігається водоростеве «цвітіння» жовто-бурого кольору.

На підвищених незатоплюваних ділянках, де є сухі залишки вищої рослинності, виявлено водоростеве «цвітіння» зеленого кольору.

Полігон 10 розташований у Приазовському районі Запорізької області на околиці с. Новокостянтинівка в гирлі р. Домузли (урочище Тубальський лиман). Включає водойму лиманного типу II стадії генезису (рис. А.32).

Ландшафтні елементи представлені депресійними формами рельєфу, які періодично затоплюються.

Водний режим водойми формується за рахунок атмосферних, річкових вод, інфільтрації морської води, періодичних переливів через піщаний бар.



У межах полігону спостереження проводилися на пробній площі ПП-1.

Максимальна довжина водойми – 300 м, максимальна ширина – 100 м, максимальна глибина – 25 см. Площа водного дзеркала значно змінюється залежно від сезону.

Солоність води коливається в діапазоні 55-112‰; рН=6,06 – 6,4, ОВП – від - 73 мВ до – 110 мВ.

У центральній частині водойми є потужні зарості *Potamogeton pectinatus* з проективним покриттям 60-70% (рис. А.34). Уздовж берегів на знижених підсихаючих ділянках трапляються угруповання *Salicornia europaea*. На підвищених ділянках узбережжя виявлено угруповання *Puccinellia gigantea* з проективним покриттям 30-40%.

Навесні водойма майже пересохла. На її поверхні є водоростеві розростання зелено-коричневого кольору, під якими виявлено сірий пелоїд (рис. А.35).

На підвищених ділянках із вищою рослинністю на поверхні ґрунту спостерігається водоростеве «цвітіння» темно-зеленого кольору.

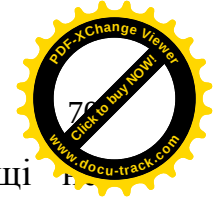
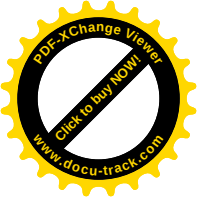
На початку липня водойма обводнена. На дні водойми та по урізу води трапляються водоростеві розростання темно-зеленого кольору (проективне покриття – 30-40%), під якими є чорний пелоїд.

На підвищених незатоплюваних ділянках серед куртин *Puccinellia gigantea* навесні та влітку спостерігається водоростеве «цвітіння» темно-зеленого кольору (рис. А.36). Пелоїду не виявлено.

Полігон 11а включає фрагмент акваторії Олександрівської затоки Молочного лиману, який розташований на території Приазовського району Запорізької області. Полігон перетинає Олександрівську затоку з південного сходу на північний захід (рис. А.37). Довжина водойми в межах полігону – до 6000 м, ширина – до 10 м. Основні показники води: рН – 7,2; солоність – 24,7‰.

Дослідження проводилися на одній пробній площі ОЗ-97.

На мілководді подекуди трапляються макрофітні водорості. Пелоїд



сірий, окислений. Масового розвитку водоростей у водній товщі зареєстровано.

Полігон 116 включає фрагмент акваторії Молочного лиману, який розташований на території Приазовського та Якимівського районів Запорізької області. Полігон перетинає в поперечному напрямі Молочний лиман від острова Підкова до протилежного берега окол. с. Шелюги (рис. А.37). Довжина водойми в межах полігону – до 4700 м, ширина – до 10 м.

Дослідження проводилися на пробній площі ОЗ-97а.

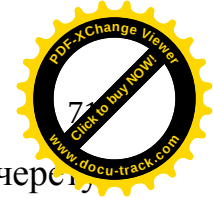
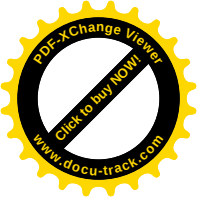
Полігон охоплює мілководні ділянки вздовж правого та лівого берегів лиману, а також центральну, більш глибоку частину Молочного лиману.

На мілководді трапляються макрофітні водорості. Пелоїд сірий, окислений. У товщі води масового розвитку водорості не набувають.

Полігон 12 розташований у Приазовському районі Запорізької області на території ландшафтного заказника державного значення «Степанівська коса» (рис. А.37). Включає барову частину Степанівської коси.

Ландшафтні елементи на полігоні представлені приморським пляжем, приморським валом і піщаними кучугурами та міжкучугурними зниженнями, які розташовані за приморським валом. Названі вище ландшафтні елементи мають значний ступінь деградації (часто майже не виражені в рельєфі) внаслідок високого рекреаційного навантаження, а також несанкціонованого забору піску. Дослідження проводилися на пробній площі ОЗ-10.

У пляжній зоні вища рослинність майже відсутня й представлена поодинокими екземплярами морської гірчиці чорноморської (*Sakile euxina* Pobed.). На підвищеннях приморського валу основними домінантами є катран понтійський (*Crambe pontica* Stev. ex Rupr.) та колосняк чорноморський (*Leymus sabulosus* (Bieb.) Tzvel.). Крім указаних видів, тут дуже часто трапляються дворятник муровий (*Dyplotaxis muralis* (L.) DC.) та куничник наземний (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth). Останній на підвищених ділянках за приморським валом формує майже монодомінатні



зарості (проективне покриття – 60-70%) з невеликою домішкою очерету південного. В міжкучугурних пониженнях виявлено фрагменти галофітних луків із домінуванням *Puccinellia distans*. Більш низькі ділянки зайняті галофітними угрупованнями *Salicornia europaeae*. На підвищених ділянках приморського валу інколи трапляються окремі екземпляри маслинки вузьколистої (*Elaeagnus angustifolia* L.) висотою до 3-4 м.

Серед вищої рослинності є сухі водоростеві розростання чорного кольору. Пелоїду не виявлено.

Полігон 13 розташований у Приазовському районі Запорізької області на околиці с. Вікторівка. Включає водойму лиманного типу III стадії генезису. Водойма є затокою Молочного лиману, яка на 80-90% відокремлена піщаним баром (рис. А.37). Дослідження проводилися на одній пробній площі МЛ-1.

Довжина водойми – до 25 м, ширина – до 10 м, максимальна глибина – до 20 см. Площа водного дзеркала значно змінюється залежно від рівня вод Молочного лиману.

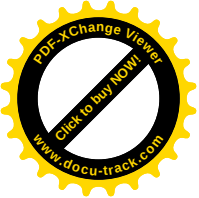
Водний режим формується за рахунок вод Молочного лиману та атмосферних опадів.

Солоність води на момент обстеження становила 156‰; рН – 6,1; ОВП – 102 мВ.

Дослідження проводилися на пробній площі МЛ-1. Водної вищої рослинності не виявлено. На знижених ділянках трапляються угруповання *Salicornia europaeae* з проективним покриттям 10-20% (рис. А.38).

На підвищених ділянках уздовж водойми наявні фітоценози з домінуванням *Puccinellia distans* (проективне покриття – 10-20%), пірію повзучого (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) з проективним покриттям 20-40% та поодинокі екземпляри *Phragmites australis*.

Дно водойми вкрите суцільним макроскопічним водоростевим розростанням темно-зеленого кольору (проективне покриття – 80-90%), під яким виявлено шар чорного пластичного пелоїду із запахом сірководню



(рис. А.39). У товщі води масового розвитку водорості не набувають. По урізу води спостерігаються висохлі водоростеві розростання сірого кольору.

На підвищених ділянках серед вищої рослинності трапляються сухі сірі макроскопічні розростання водоростей.

Полігон 14 розташований у Генічеському районі Херсонської області на околиці с. Сальково. Включає водойму лагунного типу III стадії генезису (рис. А.40).

Водний режим формується за рахунок атмосферних опадів та інфільтрації вод Сиваша. Площа водного дзеркала має значне сезонне коливання. Влітку водойма є пересохлою (рис. А.41).

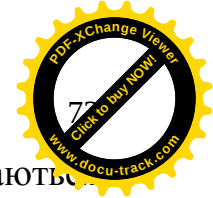
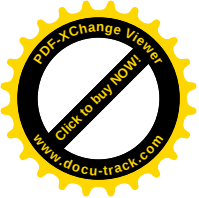
Максимальна довжина водойми – 2900 м, максимальна ширина – 1200 м, максимальна глибина – 15 см.

Солоність води коливається в діапазоні 144-159‰; pH=6,7-6,8; ОВП – від -105 мВ до -126.

На території полігону досліджено пробну площу СА-1. Вищої водної рослинності у водоймі немає. Незатоплювані ділянки по периферії озера покриті пухкими солончаками. Тут домінують угруповання *Halocnemum strobilaceum* (у вигляді окремих «острівків»). На цих «острівках» трапляються окремі екземпляри *Artemisia santonica*, *Puccinellia distans*, а також види з широкою екологічною амплітудою – ромашка непахуча (*Matricaria perforata* Merat), жовтозілля весняне (*Senecio vernalis* Waldst. et Kit.).

Навесні на дні водойми (в окремих місцях) спостерігається водоростеве «цвітіння» жовто-зеленого кольору (рис. А.42). Є пелоїд темно-сірого кольору (рис. А.43). У товщі води масового розвитку водорості не набувають. По урізу води макроскопічних розростань не виявлено.

Влітку водойма пересохла. Поверхня вкрилася шаром солі, під яким зафіксовано водоростеві розростання темно-зеленого кольору з проективним покриттям до 30%. Під водоростевими розростаннями виявлено чорний пелоїд (рис. А.43, рис. А.44).



По урізу пересохлого ложа на зволоженій поверхні спостерігаються макроскопічні водоростеві розростання темно-зеленого кольору. На підвищених незатоплюваних ділянках із вищою рослинністю у весняний і літній періоди макроскопічних розростань не відмічено.

Полігон 15 розташований у Генічеському районі Херсонської області на околиці с. Чонгар. Включає систему лагунних водойм III стадії генезису (рис. А.45).

Ландшафтні елементи представлені низкою періодично пересихаючих водойм (рис. А.46).

Водний режим формується за рахунок атмосферних опадів, інфільтрації сиваських вод і прямої дії Сиваша.

На території полігону дослідження проводилися на пробній площі Ч-1. Водойми під час досліджень навесні пересихали частково; влітку – повністю.

Розмір системи водойм: довжина – до 790 м, ширина – до 340 м; максимальна глибина – 20 см.

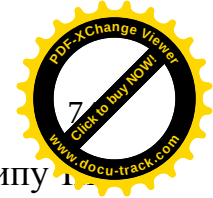
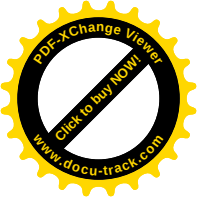
Солоність ропи – 188‰; рН – 6,7; ОВП – - 65 мВ.

Вищої водної рослинності у водоймі немає. Незатоплювані ділянки по периферії водойми покриті пухкими солончаками. Тут домінують угруповання *Halocnemum strobilaceum* (у вигляді окремих «острівків»). На цих “острівках” трапляються окремі екземпляри *Artemisia santonica*, *Puccinellia distans*, а також види з широкою екологічною амплітудою – *Matricaria perforata*, *Senecio vernalis*. На ділянках, які періодично затоплюються водою, виявлено угруповання з *Salicornia europaea*.

Навесні та влітку спостерігаються поодинокі водоростеві «цвітіння» червоно-коричневого кольору на слабко зволжених ділянках і в пониженнях, де збереглася вода. Під розростаннями зафіксовано пелоїд темно-сірого кольору (рис. А.47).

На незатоплюваних підвищених ділянках із вищою рослинністю макроскопічних розростань не виявлено.

Полігон 16 розташований у Генічеському районі Херсонської області на



околиці с. Атамань (півострів Чонгар). Включає водойму лагунного типу 1 стадії генезису (рис. А.48).

Водойма входить до складу системи віддамбованих водойм, в яких у минулому добувалася сіль (рис. А.49).

Водний режим водойми формується за рахунок атмосферних опадів, інфільтрації сиваських вод і прямої дії Сиваша.

Розміри досліджуваної водойми: 168 м x 90 м, глибина – до 20 см.

Солоність води коливається в діапазоні 97,5-166‰; рН – 6,9-7,3; ОВП – від 11 до - 113 мВ.

На території полігону досліджено пробну площу ЖД-1.

Підвищені береги з північної та південної сторін водойми представлені степовими угрупованнями з домінуванням житняка гребінчастого (*Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beav.) та костриці валіської (*Festuca valesiaca* Gaud.) (рис. А.50). У бік водойми вони заміщуються вузькою смугою галофітних луків із домінуванням *Puccinellia distans*, *Limonium meyeri*, *Halimione verrucifera*. На знижених ділянках по периферії водойми виявлено угруповання *Salicornia europaea*.

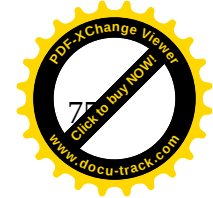
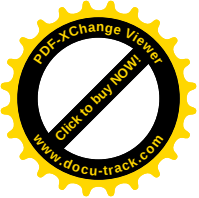
Навесні на дні водойми спостерігаються локальні водоростеві макроскопічні повстеподібні розростання зеленого кольору з проективним покриттям 20-30%. Пелоїд сірий, із включеннями піску та черепашки. У товщі води масового розвитку водорості не набувають.

По урізу води та на підвищених незатоплюваних ділянках із вищою рослинністю макроскопічних розростань не виявлено.

Влітку водойма повністю пересихає. Поверхня ложа пересохлої водойми не містить макроскопічних розростань, вкрита суцільним шаром солі до 2 см. Пелоїд сірий, із чорними вкрапленнями (рис. А.51).

На підвищених ділянках із вищою рослинністю макроскопічних водоростевих розростань немає. Пелоїду не виявлено.

Полігон 17 розташований у Генічеському районі Херсонської області на околиці с. Щасливцеве (коса Арабатська стрілка, південна частина озера



Зябловське). Водойма лагунного типу III стадії генезису (рис. А.52).

Водний режим формується за рахунок атмосферних опадів і штучного наповнення водами Сиваша. Площа водного дзеркала має значне сезонне коливання (рис. А.53).

Розміри дослідженої водойми: 60 м x 20 м, максимальна глибина – 0,7 м.

Солоність води досліджуваної водойми коливається в діапазоні 135-167‰; рН – 6,6-7,3; ОВП – від - 75 мВ до - 162 мВ.

У межах полігону дослідження проводилися на пробній площі АСР.

Вищої водної рослинності у водоймі немає. З північно-західного боку на підвищених місцях наземна рослинність представлена сильно деградованими степами. Злакова основа майже повністю відсутня й представлена поодинокими куртинами *Festuca valesiaca*. Основними домінантами виступають *Artemisia santonica*, віниччя сланке (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.), басія очитковидна (*Bassia sedoides* (Pall.) Aschers.).

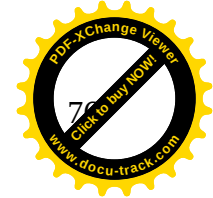
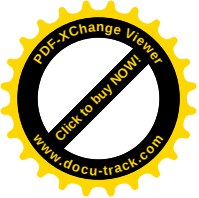
Зниження вздовж берегів водойми зайняті угрупованнями галофітних сукулентів *Salicornia europaeae*, *Halocnemum strobilaceum* і *Salsola soda*.

Влітку площа водойми становить 100 м x 10 м, глибина – до 1м. Дно водойми вкрите суцільним макроскопічним водоростевим розростанням темно-зеленого кольору (проективне покриття – 90%), під яким залягає потужний шар чорного пелоїду із запахом сірководню (рис. А.54, А.55). На окремих ділянках мілководдя повстеподібне водоростеве жабурино має зелений колір (рис. А.56).

У північно-східній частині спостерігається водоростевий нагін жовто-зеленого кольору (рис. А.57). На підвищених зволжених ділянках без вищої рослинності виявлені ворсисті водоростеві розростання з проективним покриттям 80% (рис. А.58).

На підвищених незатоплюваних ділянках серед угруповання *Salicornia europaeae* трапляються макроскопічні водоростеві розростання коричневого кольору (рис. А.59).

Влітку 2009 року розміри водойми дещо змінилися: довжина – до 60 м,



ширина – до 8 м, глибина – до 1 м.

У літній та осінній періоди дно водойми вкрите макроскопічним водоростевим розростанням темно-зеленого кольору (проективне покриття – 80-90%), під яким залягає потужний шар чорного пластичного пелоїду. Масового розвитку водорості набувають і в товщі води, спричиняючи «цвітіння» жовто-зеленого кольору (рис. А.60, рис. А. 61). По урізу води спостерігаються макроскопічні водоростеві розростання темно-зеленого кольору з проективним покриттям 60-70%. Пелоїд під ними має чорний колір із запахом сірководню (рис. А.62).

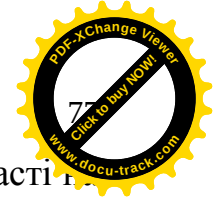
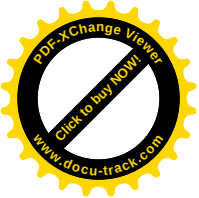
На підвищених ділянках серед вищої рослинності, яка представлена *Festuca valesiaca*, виявлено сухі водоростеві макроскопічні розростання чорного кольору (рис. А.63).

Навесні 2011 р. рівень води у водоймі сягав 70 см і водойма з'єднувалася в північно-східній частині з озером Зябловським (рис. А.64). Влітку спостерігалася протилежна картина – водойма майже повністю пересихала (рис. А.65). Дно водойми у весняний і літній періоди вкрите макроскопічним водоростевим розростанням темно-зеленого кольору (проективне покриття – 80-90%), під яким виявлено потужний шар чорного пластичного пелоїду із запахом сірководню.

У весняний період та влітку на дні водорості утворюють макроскопічні розростання жовто-зеленого кольору під якими спостерігається пелоїд чорного кольору (рис. А.66, рис. А.67).

по урізу води є макроскопічні водоростеві розростання, характерні для дна водойми з проективним покриттям 60-70% (рис. А.68). Під розростаннями виявлено пластичний пелоїд чорного кольору із запахом сірководню (рис. А.69).

На підвищених незатоплюваних ділянках серед вищої рослинності навесні та влітку трапляються чорні кіркоподібні водоростеві розростання та розростання у вигляді зеленого нальоту (рис. А.70, рис. А.71). Пелоїду під розростаннями немає.



Полігон 18 розташований у Генічеському районі Херсонської області на околиці с. Щасливцеве (коса Арабатська стрілка). Тут знаходиться термальне джерело з трьома різнорівневими басейнами, які з'єднані між собою (рис. А.72).

Ґрунт глинистий зі значною домішкою черепашки. Температура в басейнах – 45°C, 70°C та 90°C.

На полігоні досліджувалася пробна площа АСТ в нижньому басейні з температурою 45-52°C. Солоність – 28,5‰, рН – 7,67.

Через високе антропогенне навантаження вищої наземної рослинності біля басейну немає. Пелоїду не виявлено.

На глинистих стінках басейну спостерігаються макроскопічні темно-зелені водоростеві розростання (рис. А.73, рис. А.74, рис. А.75). У товщі води водорості набувають масового розвитку, що спричиняє її «цвітіння» й вода стає темно-зеленого кольору (рис. А.76).

Полігон 19 розташований у Генічеському районі Херсонської області на околиці с. Щасливцеве (коса Арабатська стрілка) (рис. А.77). Водойма лагунного типу II стадії генезису.

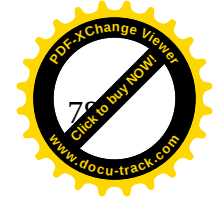
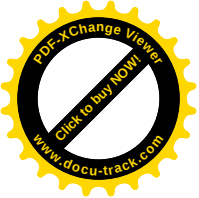
Ландшафтними елементами є рівні, періодично обсихаючі ділянки заливу Сиваш (рис. А.78).

Водний режим полігону визначається рівнем коливання вод Сиваша та згінно-нагінними явищами.

Водойма має довжину до 500 м, ширину – до трьох метрів, глибину – до 10 см. Солоність води під час досліджень становила 65‰, рН води – від 8,5 до 9,0.

Дослідження на полігоні проводилися на пробній площі АСК.

Вища водна рослинність представлена рештками камки морської (*Zostera marina* L.), яка транспортується тимчасовими течіями з більш обводнених частин затоки. Підвищені ділянки покриті пухкими солончаками. Тут домінують угруповання *Halocnemum strobilaceum*. На ділянках із довшим періодом затоплення спостерігаються угруповання *Salicornia europaea* (рис.



А.79).

Дно водойми вкрите макроскопічним водоростевим розростанням жовто-зеленого кольору (рис. А.80), під якими виявлено чорний пластичний пелоїд із запахом сірководню.

По урізу води трапляються сухі макроскопічні водоростеві розростання чорного кольору з проективним покриттям 70-80% і зволожені – оливково-зеленого кольору. Під розростаннями є чорний пелоїд із запахом сірководню (рис. А.81, рис. А.82).

Полігон 20 розташований у Генічеському районі Херсонської області на околиці с. Стрілкове (коса Арабатська стрілка) (рис. А.82). Включає водойму лагунного типу II стадії генезису (рис. А.83).

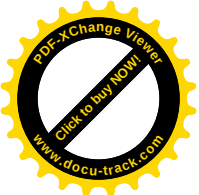
Водний режим визначається надходженням вод із Сиваша та інфільтрацією морської води крізь піщаний бар.

Розміри досліджуваної водойми: 3000 x 200 м, глибина – 30 см. Солоність води у водоймі – 76‰, рН=8,5-9,0. Досліджувалася пробна площа АСО-А.

Вищої водної рослинності немає. З боку піщаного бару береги вкриті галофітними угрупованнями *Salicornia europaeae*, *Halocnemum strobilaceum*, *Salsola soda*, *Suaeda salsa*. На підвищених ділянках їх оточує смуга монодомінантних заростей пирію повзучого. Іноді трапляються окремі куртини *Elytrigia elongata*. З боку Сиваша, на підвищеннях, є галофітні луки з домінуванням *Puccinellia gigantea*. До складу цих фітоценозів (проективне покриття менше ніж 5%) входять кермек Мейєра, стелюшок середній (*Spergularia media* (L.) C. Presl.) та ін. Знижені зволожені ділянки вкриті солончаками з домінуванням *Salicornia europaeae*. В окремих місцях – на підвищеннях – трапляються зарості *Phragmites australis* з проективним покриттям 60-80% і висотою 1,5-2 м.

На дні є макроскопічні водоростеві розростання темно-зеленого кольору, під якими виявлено пелоїд чорного кольору.

Полігон 21 розташований у Генічеському районі Херсонської області на



околиці с. Стрілкове (коса Арабатська стрілка) (рис. А.82). Включає водойму лагунного типу III стадії генезису. Водойма відокремлена від Сиваша піщано-черепашковим баром.

Водний режим забезпечується за рахунок атмосферних опадів, інфільтрації вод Сиваша та Азовського моря.

Довжина досліджуваної водойми – до 80 м; максимальна ширина – 50 м; максимальна глибина – 20 см. У межах полігону досліджувалася пробна площа АСО-1.

Вищої водної рослинності не спостерігається. З боку Сиваша на підвищеннях наявні галофітні луки з домінуванням *Puccinellia gigantea* та ситнику приморського (*Juncus maritimus* Lam.). Складниками цих фітоценозів (проективне покриття менше від 5%) є кермек Мейєра, *Spergularia media* та ін. Знижені зволожені ділянки вкриті солончаками з домінуванням *Salicornia europaea*. З боку Азовського моря спостерігаються монодомінантні зарості *Elytrigia repens* та окремі куртини *Elytrigia elongata*. На підвищеннях трапляються зарості *Phragmites australis* з проективним покриттям 60-80% і висотою 1,5м.

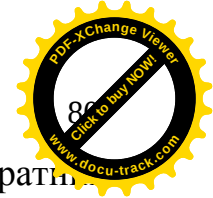
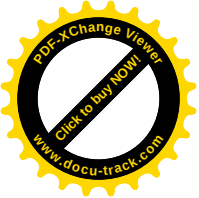
Вища рослинність на піщано-черепашковому барі представлена угрупованнями *Salicornia europaea*.

На дні водойми виявлено макроскопічне водоростеве розростання зеленого кольору з проективним покриттям 60%, яке легко відшаровується та спливає (рис. А.84). Під ним є чорний пелоїд із запахом сірководню.

На поверхні пересохлої частини водойми спостерігаються суцільні макроскопічні розростання червоного та чорно-оливкового кольорів з проективним покриттям 80%. Виявлено чорний пелоїд із характерним запахом сірководню (рис. А.85, рис. А.86).

3.3. Методи дослідження водоростей

Альгологічний матеріал збирався протягом 1997-2011 років у ході маршрутних і стаціонарних досліджень. Збір матеріалу проводився за



прийнятими в гідробіології та ґрунтовій альгології методиками в трикратній повторності [124-128]. Одночасно проводили вимірювання температури, pH водного середовища, окисно-відновного потенціалу та солоності води.

Проби відбиралися у водних, водно-наземних та наземних біотопах: з поверхні дна водойми, водної товщі, по урізу води, в зоні обсихання та на підвищених незатоплюваних ділянках.

Відбір водоростей із водної товщі здійснювався за допомогою планктонної сітки, крізь яку для однієї проби пропускали 100 л води.

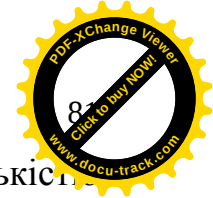
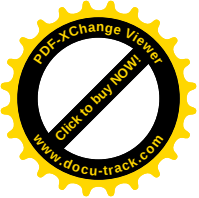
Невелика глибина досліджуваних водойм давала змогу відбирати бентос за допомогою сифону. При зборі макроскопічних розростань водоростей з поверхні дна водойми, по урізу води та в зоні обсихання використовували скребок [126]. Для відбору проб для кількісного аналізу використовувався металевий профіль із поперечним перерізом прямокутної форми та внутрішньою площею 25 см².

При наявності на ґрунті та на дні водойми макроскопічних розростань водоростей (плівок, кірок, «цвітіння») оцінювалося їх проективне покриття (%), описувався зовнішній вигляд і відбиралися індивідуальні проби для встановлення видів, що їх утворюють. Індивідуальні проби охоплювали площу до 10 см² та були глибиною до 2 мм.

У наземних біотопах для встановлення видового складу проводились відбори об'єднаних проб, що складались з 20-и індивідуальних проб площею 2x2 см, відібраних стохастично на глибину до 2 см з пробної площі кожного полігону дослідження.

Далі матеріал транспортували до лабораторії, де спочатку проби обробляли в живому стані, потім фіксували 4% розчином формальдегіду. Фіксований матеріал використовували для визначення видового складу водоростей та оцінки відносної чисельності конкретних видів.

Камеральну обробку матеріалів проводили прямим мікроскопіюванням і культуральними методами. Досліджувані зразки вивчали в ґрунтових культурах зі скельцями обростання, у ґрунтово-водних культурах і культурах



на агаризованих середовищах Болда (з одинарною та потрійною кількістю нітрогену-1N BBM і 3N BBM відповідно), як із додаванням, так і без додавання витяжки з досліджуваного ґрунту [125, 126, 127, 129]. Рясність визначалась за шкалою К. Стармаха в модифікації І. Ю. Костікова [126, 129].

Культури вирощували на освітлювальній установці, що мала люмінесцентні лампи ЛБ-40 з періодичним освітленням: 12-годинним чергуванням світлової та темної фаз.

При ідентифікації водоростей використовували цитохімічну реакцію на крохмаль. Фарбування слизу проводилося препаратом метиленовим синім, масла – реактивом Судан-3.

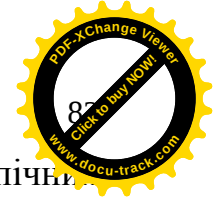
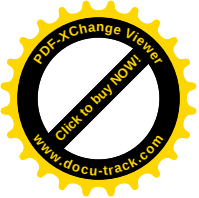
Водорості досліджувалися за допомогою світлових мікроскопів «Біолам Р-14», «ЕС XY series», стереоскопічного мікроскопа МБС-9, які оснащені цифровими фотокамерами, з'єднаними з персональним комп'ютером (об'єктиви $8^{\times}$, $10^{\times}$, $20^{\times}$, $40^{\times}$, $90^{\times}$, $100^{\times}$).

Водорості ідентифікували за вітчизняними та зарубіжними визначниками «Определитель пресноводных водорослей СССР», «Визначник прісноводних водоростей Української РСР», «Süßwasserflora von Mitteleuropa», «Das Phytoplankton des Süßwassers», «Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen» [130-140].

Систематичний список виявлених у процесі дослідження видів водоростей укладався за системою, прийнятою в монографії «Водорості ґрунтів України» [129] з доповненнями та уточненнями відповідно до чек-листа «Разнообразие водорослей Украины» (2000) та доповнень до нього [141], а також виданням серії «Algae of Ukraine» [142, 143].

Флористичний аналіз проводився за методами, прийнятими для вищих рослин. Провідними вважалися ті порядки, родини та роди, кількість видів у яких була вищою від середнього показника.

Розрахунок чисельності водоростей у товщі води здійснювався за стандартними методиками [144]. Біомасу водоростей визначали об'ємно-розрахунковим методом, який полягає в обчисленні біомаси водоростей на



основі їхньої кількості, об'ємів клітин і щільності. Біомаса макроскопічних розростань визначалася за допомогою вагового методу [144, 145].

3.4. Визначення фізико-хімічних властивостей і пелоїдів, води та ропи

Визначення гранулометричного (механічного) складу ґрунту та пелоїдів проводили за методом Н.А. Качинського [146].

Під час дослідження фізико-хімічних властивостей ґрунтів, пелоїдів, води та ропи керувалися схемами та методиками, описаними в посібниках і методичних рекомендаціях [147-150].

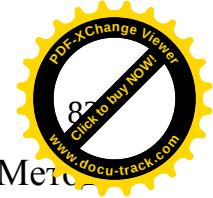
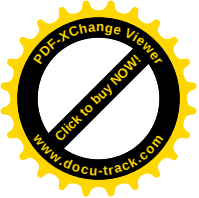
У ході експериментів визначали такі фізико-хімічні властивості пелоїдів коси Арабатська стрілка та Бердянської коси: вологість, середню густину, теплоємність, опір зсувові, засміченість мінеральними частками, вміст сульфідів FeS , вміст H_2S , вміст Fe^{3+} , Fe^{2+} і окисно-відновний потенціал, мінералізацію грязьового розчину [147-150].

Визначення вмісту води. Вміст води визначають висушуванням проби пелоїду при температурі 105°C і 180°C до постійної маси.

Визначення опору зсувові. Пелоїди, що застосовуються для процедур, повинні мати певний ступінь пластичності та в'язкості. Пластичність і в'язкість прийнято визначати величиною опору зсувові.

Метод визначення опору зсувові оснований на вимірюванні мінімальної сили (навантаження), при якій прямокутна латунна пластинка, занурена в пелоїд, виходить із неї.

Визначення теплоємності. Теплоємність пелоїду залежить від вмісту води в пелоїді та є лінійною функцією вологості пелоїду. Зважаючи на це теплоємність пелоїду визначають за запропонованою С.О. Щукаревим і В. О. Корчагіним формулою, яка дає досить точні для практичних цілей значення питомої теплоємності.



Визначення засміченості частками діаметром понад 0,25 мм. Метод заснований на зважуванні висушених до постійної маси часток пелоїду, які не проходять крізь сито з отворами діаметром $> 0,25$ мм.

Визначення реакції середовища (pH). Визначення реакцій середовища (pH) здійснюють за допомогою потенціометра зі скляним електродом.

Визначення окисно-відновного потенціалу. Для визначення окислювально-відновного потенціалу користуються потенціометричним методом, що оснований на вимірюванні електрорушійної сили пари, яка складається зі скляного електрода і допоміжного напівелемента, занурених у досліджуваний пелоїд.

Визначення вмісту Fe^{2+} . Визначення вмісту Fe^{2+} в пелоїдах має істотне значення для контролю за ходом процесів регенерації використаних для лікувальних процедур пелоїдів. Метод оснований на об'ємному визначенні вмісту Fe^{2+} за допомогою $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в присутності дифеніламіну.

Визначення загального вмісту сірководню (FeS). Метод оснований на окисненні сірководню титруванням розчином йоду. Визначену кількість сірководню виражають також у FeS або $\text{Fe}(\text{HS})_2$.

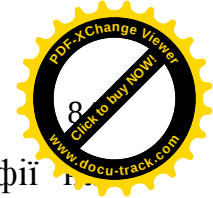
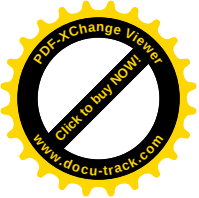
При аналізі грязьового розчину пелоїдів, води та ропи з водойм коси Арабатська стрілка та Бердянської коси визначалися такі параметри, як pH середовища; окисно-відновний потенціал; солоність води; вміст кисню за методом Вінклера; вміст іонів NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cl^- , Br^- , I^- , SO_4^{2-} , HCO_3^{2-} , CO_3^{2-} , NO_3^- , NO_2^- [147-150].

Мікробіологічні та санітарно-бактеріологічні аналізи пелоїдів проводились у лабораторії біологічних досліджень Сакської ГГРЕС.

Аналізи фізико-хімічних показників пелоїдів і ропи проводилися на Сакській гідрогеологічній режимно-експлуатаційній станції (м. Саки) та в лабораторії біохімічних досліджень МДПУ імені Богдана Хмельницького.

3.5. Визначення біологічно активних речовин

3.5.1. Визначення амінокислот. Визначення амінокислотного складу

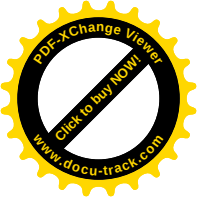


здійснювали методом іонообмінної рідинно-колонкової хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот Т 339 (виробництва “Мікротехна” Чехія).

Підготовка зразків до аналізу має велике значення і є першою передумовою для отримання достовірних і відтворених результатів під час роботи на автоматичному аналізаторі амінокислот. Процес підготовки зразків передбачає виділення амінокислот, зв'язаних у білках, пептидах, що потребують гідролізу, і підготовку зразків, що містять вільні амінокислоти (біологічні рідини, тканинні екстракти), з яких усувають білки й інші речовини, що заважають аналізу.

Найчастіше застосовується метод гідролізу хлористоводневою (соляною) кислотою. Гідроліз проводять таким чином: на дно пробірки з вогнетривкого скла (пірексу) поміщають ретельно зважений зразок. До сухої наважки білка в пробірку додають відповідну кількість 6 N хлористоводневої кислоти. Пробірку охолоджують у рідкому азоті. Після того, як вміст пробірки замерзне, з неї відкачують повітря за допомогою вакуумного насоса для запобігання окисленню амінокислот унаслідок гідролізу. Потім пробірку запаюють. Запаєну пробірку ставлять на 24 години в термостат із постійною температурою +106°C. Після закінчення гідролізу пробірку відкривають, попередньо охолодивши до кімнатної температури. Вміст кількісно переносять у скляний бюкс і випаровують хлористоводневу кислоту на водяній бані. Після висушування зразка в бюкс додають 3-4 мл деіонізованої води та повторюють процедуру висушування. Підготовлений зразок розчиняють у 0,3-нормальному літій-цитратному буфері рН 2,2 і наносять на іонообмінну колонку аналізатора амінокислот.

Для реєстрації амінокислот в елюатах використовується метод детекції нінгідрином. Під час взаємодії нінгідрину з амінокислотою по аміногрупі утворюється сполука гідриндантин, що дає забарвлення в межах 560 нанометрів (винятком є сполука з проліном та окипроліном, що мають максимум поглинання при 440 нанометрів). При звичайному режимі аналізу



нінгідриновий реактив додається до рідини, яка вимивається з колонки. Потім суміш нагрівається при 100°C в реакційній бані.

Для того, щоб розрахувати кількість амінокислот у досліджуваному зразку, попередньо в колонку автоматичного аналізатора амінокислот вносять стандартну суміш амінокислот із відомою концентрацією кожної амінокислоти. На хроматограмі розраховують площу піка кожної амінокислоти (або висоту піка).

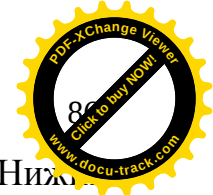
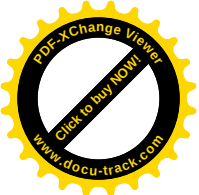
Кількість мікромолів кожної амінокислоти (X_1) в досліджуваному розчині обчислюють за формулою: $X_1 = S_1 / S_0$, де S_1 – площа піка (або висота) амінокислоти в досліджуваному зразку, S_0 – площа піка (або висота) цієї ж амінокислоти в розчині стандартної суміші амінокислот, яка відповідає 1 мікромолу кількості кожної амінокислоти. Кількість у міліграмах отримують при множенні кількості мікромолів амінокислоти на відповідну їй молекулярну масу. Якісний склад суміші амінокислот визначають, порівнюючи хроматограми стандартної та досліджуваної сумішей амінокислот [151-152].

Розрахунок вмісту амінокислот в пелоїдах та водоростевих розростаннях (на суху речовину) проводили за формулою:

$$\omega = \frac{m_{\text{амінокислоти}}}{m_{\text{наважки пелоїду або розростання}}} \times 100\% \quad (3.1)$$

3.5.2. Визначення жирних кислот. Визначення жирнокислотного складу проводили методом іонообмінної рідинно-колонкової хроматографії на хроматографі HRGC 5300 (виробництва Італії).

Ліпідний екстракт готували згідно з методом Bligh і Dyer [153]. Наважку (від 2 до 3г залежно від зразка) гомогенізували в скляному гомогенізаторі Поттера-Евельгейма в суміші розчинників. Для екстракції ліпідів використовували систему розчинників хлороформ: метанол (2:1). Готували 10% ліпідний екстракт: до 2 г зразка додавали 20мл суміші розчинників, до 3 г – відповідно 30 мл суміші. У результаті утворюється двофазна система, нижній шар якої складається з хлороформу, а верхній – з метанолу й води.



Водно-метанолову та хлороформну фазирозділяли центрифугуванням. Нижче хлороформні фази, які містять ліпіди, аспірували, об'єднували та висушували на роторному випарнику. Для верхньої фази проводили повторну реекстракцію. Щоб видалити залишки води, до ліпідного екстракту додавали бензол і випаровували його у вакуумі.

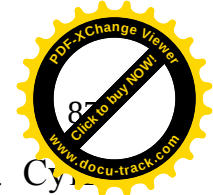
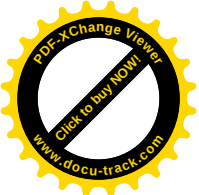
Аліквоту неомиленого залишку жиру (ліпідів) розчиняли в бензолі (0,5 мл), поміщали в скляну ампулу, куди додавали 1,5-2,0 мл 3 М НСІ в метанолі. Ампулу запаювали на газовому пальнику та кип'ятили на водяній бані 50 хв. Після цього ампулу розкривали, вміст розбавляли водою 1:1 й екстрагували 2-3 рази перегнаним безводним гексаном. Гексанові витяжки промивали дистильованою водою та сушили безводним натрій сульфатом. Сухі екстракти упарювали на роторному випарнику, отримували метилові ефіри жирних кислот, які розчиняли в бензолі й наносили на скляні пластинки, покриті силікагелем КСК. Пластинки поміщали в камеру з розчинником (бензолом) і проганяли 40-50 хв. Зону очищених метилових ефірів знімали зі скла, екстрагували гексаном на фільтрі Шотта. Гексан упарювали на роторному випарнику, отримували хроматографічно чисті метилові ефіри жирних кислот (МЕЖК).

МЕЖК розчиняли в гексані та хроматографували на хроматографі HRGC 5300 (Італія) на скляній набивній колонці 3,5 м, заповненій Chromosorb W/HP з нанесеною 10% рідкою фазою Silar 5CP при програмованій температурі 140-250°C з наростанням 2°/хв. Ідентифікацію індивідуальних жирних кислот здійснювали за допомогою стандартів фірми Sigma та Serva. Вміст індивідуальних жирних кислот виражали у відсотках від загальної суми жирних кислот за формулою:

$$\omega = \frac{m_{\text{індивідуальної жирної кислоти}}}{m_{\text{загальної суми жирних кислот}}} \times 100\% \quad (3.2)$$

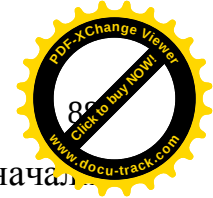
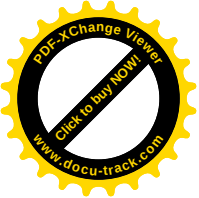
3.5.3. Визначення гумусових речовин і ферментативної активності.

Визначення гумусу проводили за методом І.В. Тюріна [154-156]. Гумусові кислоти виділяли з пелюїдів за методикою, описаною Д.С. Орловим



для ґрунтових гумусових кислот, яка виключає їх нагрівання [157]. Суть методу полягає в декальціюванні пелоїду розведеними кислотами, екстракції розведеними розчинами лугів гумусових кислот та їх розподілі шляхом підкислення лужного розчину до рН 1-2. Гумінові кислоти, що випали в осад, промивали проточною водою до рН 5,5. Кислий фільтрат після відділення гумінових кислот пропускали крізь активоване вугілля.

Для виділення гумусових речовин у двадцятилітрову ємність поміщали 5-6 кг пелоїду, який заливали розчином HCl (концентрація 0,1 моль/л) майже до повного об'єму посудини, пелоїд добре перемішували. При цьому спостерігалось сильне спінювання в результаті руйнування карбонатів, гідрокарбонатів, сульфідів і гідросульфідів. Потім залишали суміш на 10-12 годин для відстоювання, після чого рідину декантували та знову заливали розчином HCl (концентрація 0,1 моль/л), добре перемішували й залишали для відстоювання. Так продовжували до тих пір, поки проба на Ca^{2+} (з Амоній оксалатом) і проба на Ферум для мулових грязей (з Амоній роданидом) ставали негативними. Потім грязь промивали 3-4 рази дистильованою водою до нейтральної реакції та екстрагували гумусові кислоти розчином NaOH (концентрація 0,1 моль/л). Для цього заливали відмитий дистильованою водою пелоїд зазначеним розчином лугу, щільно закривали ємність і давали настоюватися протягом 10-12 годин. Лужний розчин гумусових кислот декантували, залишок знову заливали лугом; екстракцію продовжували до припинення екстракції гумусових кислот. Екстракти збирали разом в одну скляну ємність, яку щільно закривали й давали час для відстоювання (відбувалося поступове осідання мінеральних колоїдів, про що свідчили прозорість лужного розчину та утворення світло-сірого осаду мінеральних колоїдів). Далі лужний розчин декантували в іншу ємність і підкислювали до рН – 1-2; відбувалося поступове відділення гумінових кислот у вигляді осаду темно-коричневого кольору від фульвокислот, що залишалися в розчині, забарвленому в блідо-жовтий колір. Зняття фульвокислот з активованого вугілля проводили за методикою О.О. Юхніна й Д.С. Орлова [158].



Кількісний вміст гумусових кислот у пелоїдах визначали спектрофотометричним методом, який застосовується в ґрунтових дослідженнях [159, 160]. Визначення ферментативної активності пелоїдів проводилося за описаними В.Г. Мінеєвим схемами та методиками [156].

Усі досліді здійснювалися в триразовій повторності. Результати статистично оброблялися.

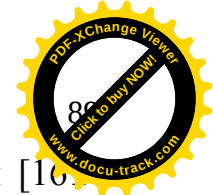
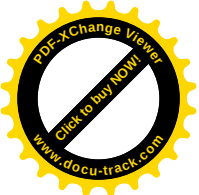
Визначення гумінових речовин і ферментативної активності проводили в біохімічній лабораторії Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького.

3.6. Визначення деструкції органічної речовини водоростей

Вивчення деструкції органічної речовини мортмаси водоростей різними групами бактерій-деструкторів проводили за методикою А.Ф. Антипчук [161] в нашій модифікації. Інтенсивність процесу деструкції визначали за показниками зміни мортмаси макроскопічних розростань водоростей у лабораторних умовах. Для цього наважку масою 2 г поміщали в колби ємністю 1 л і заливали ропою під корок. Щільно закриті колби поміщали в термостати для експонування при середньолітній температурі 25°C і в холодильній установці для експонування при середньорічній температурі 14°C на 25 діб. Через кожні 5 діб по одній колбі вилучалося для вимірювання втрати маси наважки. Дослід проводили терміном до 300 діб. Дослід проводили в трикратній повторності та статистично обробляли.

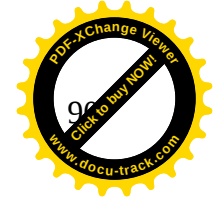
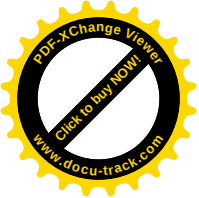
3.7. Методи мікробіологічних досліджень

Виділення мікроорганізмів різних фізіологічних груп і визначення їхньої чисельності здійснювали на сольових елективних живильних середовищах: крохмальному агарі, м'ясо-пептонному агарі, агарі зі свинячим смальцем [162]. Висів проводили з розведення 1:1, 1:10, 1:100; 1:1000; 1:10000 і т.д. для відповідної фізіологічної групи мікроорганізмів. Розведення підбирали таким чином, щоб на середовищі розвивалося 5-200 колоній бактерій. Наявність



бактерій певної групи визначали за загальноприйнятими методиками [16, 163]. Визначення та підрахунок санітарно-бактеріологічних, потенційно патогенних бактерій пелоїдів водойм Бердянської коси та Арабатської стрілки проводили в лабораторії біологічних досліджень Сакської гідрогеологічної режимно-експлуатаційної станції.

Результати дослідів обробляли статистично традиційними методами варіаційної статистики з використанням програмних продуктів Excel 2010 та Statistica



РОЗДІЛ 4

ВОДОРОСТІ ДОСЛІДЖЕНИХ ПОЛІГОНІВ У МЕЖАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО УЗБЕРЕЖЖЯ АЗОВСЬКОГО МОРЯ

4.1. Видовий склад та екологічні особливості водоростей

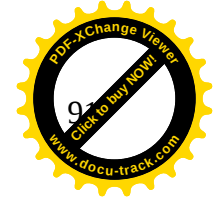
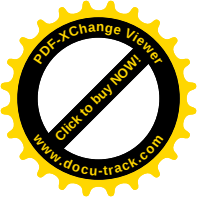
4.1.1. Особливості флористичного складу водоростей на рівні надвидових таксонів. У результаті альгологічних досліджень, проведених на полігонах (гіпергалійні водойми, їхні пересохлі ложа, уріз води та підвищені незатоплювані ділянки з вищою рослинністю), виявлено 123 види водоростей, які представляють сім відділів: *Cyanoprocaryota* – 65 видів, що становить 52,9% від загальної кількості виявлених видів, *Bacillariophyta* – 26 (21,1%), *Chlorophyta* – 22 (17,9%), *Rhodophyta* – 6 (4,9%), *Dinophyta* – 2 (1,6%), *Xanthophyta* та *Cryptophyta* – по 1 виду (по 0,8%) [164-179]. Зазначені види належать до 10 класів, 27 порядків, 47 родин, 68 родів (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Систематична структура водоростей полігонів дослідження в межах північно-західного Приазов'я

Відділ	Кількість таксонів*				
	Класів	Порядків	Родин	Родів	Видів
Cyanoprocaryota	1	3	11	28	65 (52,9)
Xanthophyta	1	1	1	1	1 (0,8)
Bacillariophyta	2	10	15	17	26 (21,1)
Dinophyta	1	1	1	1	2 (1,6)
Cryptophyta	1	1	1	1	1 (0,8)
Rhodophyta	1	2	3	4	6 (4,9)
Chlorophyta	3	9	15	16	22 (17,9)
Разом	10	27	47	68	123

*Примітка. Для видів у дужках вказано їх відсоток у межах відділу по відношенню до загальної кількості, виявленої на всіх полігонах.



На рівні відділів специфіка флористичного спектру водоростей полягає у відсутності представників *Phaeophyta* та *Haptophyta*, які є невід'ємним компонентом морських екосистем. Не знайдено жодного представника з відділу *Chrysophyta*, до якого належить численна група морських і прісноводних водоростей. Не виявлені водорості з відділу *Euglenophyta*, які широко представлені у прісних континентальних водоймах. Не зареєстровано видів з *Eustigmatophyta*, що є постійними компонентами альгофлори ґрунтів помірного поясу. Таким чином, за структурою альгофлора досліджених полігонів північно-західного узбережжя Азовського моря являє собою комбінований, помітно збіднений за кількістю видів і відділів варіант.

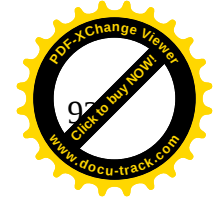
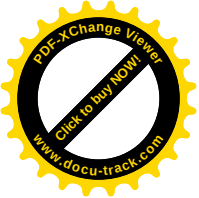
Унікальність досліджуваної альгофлори ще виразніше простежується за систематичною структурою на рівні порядків (табл. 4.2). Перші місця серед шести провідних порядків посіли ціанопрокаріоти з *Oscillatoriales*, *Nostocales*, *Chroococcales* і діатомові водорості порядку *Naviculales*.

Таблиця 4.2

Провідні порядки альгофлори на полігонах території північно-західного узбережжя Азовського моря

Місце	Порядок	Кількість видів
1	<i>Oscillatoriales</i>	35
2	<i>Nostocales</i>	19
3-4	<i>Chroococcales</i>	11
3-4	<i>Naviculales</i>	11
5-6	<i>Ulvaes</i>	5
5-6	<i>Ceramiales</i>	5
Усього в провідних порядках		91

Останніми в списку провідних порядків є зелені та червоні водорості (*Ulvaes*, *Ceramiales*), які, зазвичай, входять до числа провідних у різноманітних альгофлорах прісних і солонуватих водойм різних типів [180-



182].

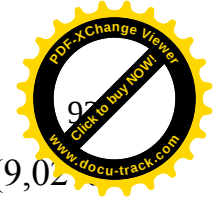
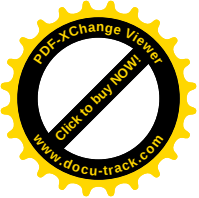
Порядки *Chlorococcales*, *Chlorellales*, що є провідними в ґрунтових альгофлорах зональних і галофільних типів рослинності України, у досліджуваних біотопах наявні, проте до числа провідних не потрапляють, а *Mischococcales*, *Protosiphonales* взагалі відсутні [183]. Загалом провідні порядки об'єднують 91 вид водоростей, що становить 74,59% від загальної кількості виявлених видів водоростей.

Таким чином, структура на рівні порядків окреслює унікальний галофільний характер альгофлори досліджуваних місцеіснувань і підтверджує наявність у її складі рис, притаманних прісноводним, ґрунтовим галофільним і морським альгоугрупованням.

Альгофлору досліджуваних полігонів представляють 11 провідних родин, до складу яких входять 77 видів водоростей, що становить 62,6% від загальної кількості видів. Їх основу формують, у першу чергу, багатоклітинні ціанопрокаріоти з родин *Nostocaceae*, *Pseudanabaenaceae* та *Phormidiaceae* (табл. 4.3). Усі ці родини є складниками провідних в альгофлорах ґрунтів (із різним ступенем засоленості) степової, сухостепової та пустельно-степової зон [126, 129, 184].

Більшість видів ціанопрокаріот провідних родин має слизові піхви чи обгортки, які складаються з гідрофільних колоїдних полісахаридів і здатні швидко поглинати й утримувати велику кількість води. Така адаптивна риса дає змогу, з одного боку, витримувати посушливі сезони року, з іншого – протидіяти фізіологічному водному дефіциту, зумовленому високою концентрацією солі. Це узгоджується з даними наукових джерел щодо домінування наведених вище родин ціанопрокаріот в засолених ґрунтах і в амфібіальних екотопах, які періодично затоплюються солоною водою [126].

До провідних належать 23 роди, видове багатство яких перевищує середній показник (1,81 виду). У порядку зменшення видового багатства



провідні роди розташовуються таким чином: *Leptolyngbya*¹ – 11 видів (9,02% від загальної кількості видів), *Nostoc* – 8 (6,6%), *Navicula*, *Anabaena*, *Ulva* – по 5 видів (4,09%), *Phormidium*, *Oscillatoria* – по 4 види (3,28%), *Trichormus*, *Pseudanabaena*, *Schizothrix*, *Ceramium* – по 3 (2,46%), *Amphora*, *Chlorella*, *Cocconeis*, *Craticula*, *Dunaliella*, *Gyrosigma*, *Lyngbya*, *Merismopedia*, *Nitzschia*, *Nodularia*, *Spirulina*, *Ulothrix*, *Prorocentrum* – по 2 види (1,64% кожний).

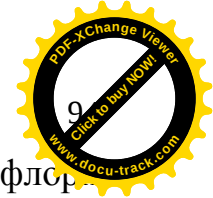
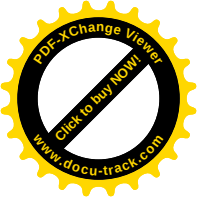
Таблиця 4.3

Провідні родини альгофлори на полігонах території північно-західного узбережжя Азовського моря

Місце	Родина	Кількість видів	% від загальної кількості видів
1	Nostocaceae	18	14,6
2	Pseudanabaenaceae	16	13
3	Phormidiaceae	8	6,5
4	Oscillatoriaceae	7	5,7
5-7	Ulvaceae	5	4,1
5-7	Merismopediaceae	5	4,1
5-7	Naviculaceae	5	4,1
8	Ceramiaceae	4	3,3
9-11	Chamaesiphonaceae	3	2,4
9-11	Schizotrichaceae	3	2,4
9-11	Bacillariaceae	3	2,4
Загалом видів у провідних родин		77	62,6
Загалом видів		123	100

На основі складу провідних родів можна визначити роль водоростей, які представляють різні біоми – морські екосистеми (*Ulva*), гіпергалійні водойми

¹ Прізвища авторів, які досліджували зазначені види та роди, наведені в анотованому списку



(*Dunaliella*), наземні біотопи (*Chlorella*) у формуванні альгофлор досліджуваних полігонів, а також істотну роль тих родів (особливо з відділів *Cyanoprocarvota* та *Bacillariophyta*), які об'єднують види з широкою екологічною амплітудою.

Таким чином, видовий склад водоростей досліджених полігонів, порівняно зі звичайними як прісноводними, так і наземними біотопами степової зони України, є збіднений. За видовим багатством переважають трихомні й одноклітинні ціанопрокаріоти (52,9%). Досить суттєвим є також видове багатство зелених та діатомових водоростей (17,9% та 21,1% відповідно). Загалом таксономічний спектр як на рівні відділів, так і на більш низьких рівнях свідчить, що альгофлора полігонів має комбінований характер і поєднує риси прісноводних, морських та наземних галофільних альгоугруповань.

Характер альгофлори та її специфічні риси – адаптованість до умов періодичного пересихання й різких коливань солоності – визначаються під час аналізу екологічних особливостей виявлених видів водоростей на досліджених полігонах, у першу чергу, з'ясовується належність її до певних місцезростань, галобності тощо. Аналіз біотопічної належності виду (гідрофільні види, едафотільні чи амфібіальні), відношення до фактора солоності, значень величини рН, сапробності здійснено з урахуванням літературних даних [180-183, 186-289].

4.1.2. Біотопічні групи водоростей досліджуваних полігонів. Аналіз розподілу водоростей за біотопічними групами дає змогу з'ясувати характер альгофлори родовищ мулових сульфідних пелоїдів. Для ста дванадцяти видів із 123 виявлених нами, на основі даних наукових джерел, було з'ясовано їх причетність до певної біотопічної групи – гідрофільної, амфібіальної чи наземної.

Список видів свідчить, що за спектром біотопічних груп альгофлора опрацьованих полігонів загалом має гідрофільно-амфібіальні ознаки. Так, 54

види (48,2% від 112) є гідрофільними, 49 (43,8%) – амфібіальними, 9 (8%) наземними.

Серед гідрофільної складової переважаючими є три відділи (*Cyanoprocaryota*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*). Серед амфібіальних за видовим багатством абсолютно переважають ціанопрокаріоти (37 видів, 33%). Наземна складова представлена 9 видами водоростей (рис. 4.1).

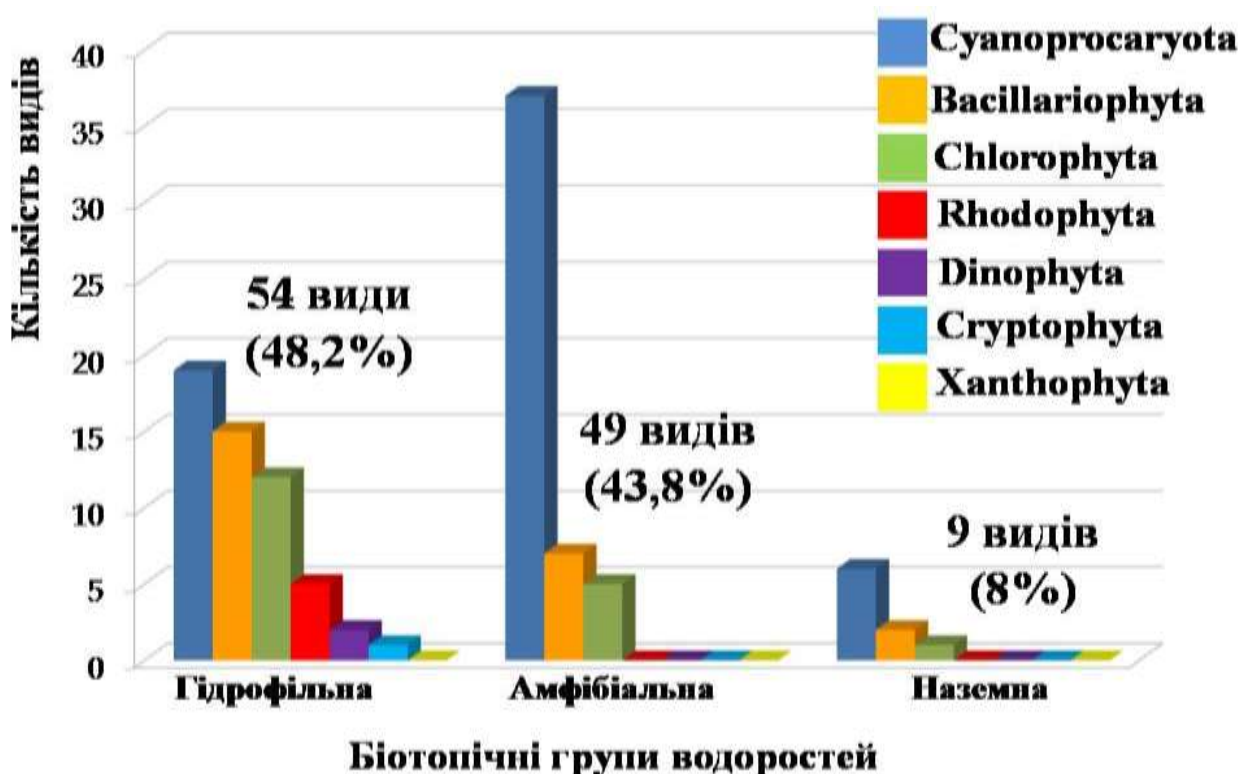
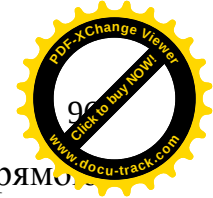
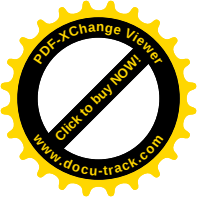


Рис. 4.1. Різноманітність водоростей різних біотопічних груп досліджених полігонів на рівні відділів.

Розподіл видів різних біотопічних груп за конкретними біотопами полігонів – водним (планктонним, бентосним), водно-наземним (по урізу води та в зоні обсихання) та наземним – дає змогу уточнити характер і генезис водоростевого населення родовищ мулових сульфідних пелоїдів (табл. 4.4).

Так, види, що належать до біотопічної групи гідрофільних, були переважаючими у водних біотопах (43 види), проте 20 видів із них були виявлені також у водно-наземних біотопах, 12 – у суто наземних. Висока



частка гідрофільних видів по урізу води та в зоні обсихання є прямою вказівкою на наявність змінного водного режиму на родовищах пелоїдів.

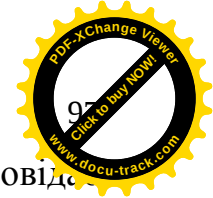
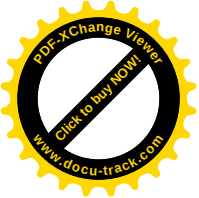
Аналіз списку гідрофільних видів, виявлених у ґрунтах, дає змогу пояснити цей феномен. По-перше, можливо, частина гідрофільних видів була занесена з прилеглих водойм. По-друге, екологічний розподіл цих видів у літературних джерелах є неточним або в ґрунтах нами зареєстровані таксони-двійники відомих видів.

Таблиця 4.4

Видове багатство водоростей різних біотопічних груп у біотопах різних типів

Біотопічні групи водоростей	Тип біотопу						
	Водний			Водно-наземний			Наземний
	Бентос	Планктон	Всього виявлених видів кожної з біотопічних груп у водному біотопі	Уріз води	Зона обсихання	Всього виявлених видів кожної з біотопічних груп у водно-наземному біотопі	
Гідрофільні	19	36	43	20	7	20	12
Амфібіальні	9	10	16	29	14	33	45
Наземні	1	0	1	5	0	5	8
Всього	29	46	60	54	21	58	65

Серед 12 гідрофільних видів, виявлених у ґрунтах, сім (*Spirulina major*, *Pseudanabaena mucicola*, *Anabaena cylindrica* f. *marschica*, *Melosira varians*, *Amphora coffeaeformis*, *Dunaliella viridis*, *Oocystis submarina*), на нашу думку, є випадково занесеними з водних біотопів. Про це свідчить дуже низька



поширеність їх у ґрунтах; показник відносної рясності, що відповідає значенням «дуже мало», «мало»; наявність цих видів у прилеглих водоймах.

Ситуація з рештою (п'ятьма видами) не є цілком зрозумілою. Щодо *Merismopedia mediterranea*, *Nostoc cuticulare*, *N. entrophytum*, найвірогідніше було неточно визначено їх належність до виключно гідрофільної групи. На правильність цього припущення вказує той факт, що ці види здатні рости на твердих агаризованих середовищах.

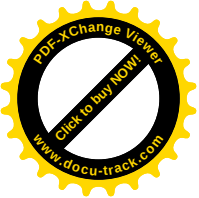
Наявність у ґрунті *Anabaena contorta* наразі не піддається логічному поясненню.

З урахуванням викладеного, вважаємо, що для ґрунтів, які оточують родовища мулових приморських пелоїдів, гідрофільні водорості не характерні, а отже, альгофлора власне родовищ практично не впливає на суто ґрунтову альгофлору.

Види, що належать до біотопічної групи амфібіальних водоростей, за різноманітністю посіли друге місце (49 видів). З огляду на видове різноманіття цієї групи можна стверджувати, що водоростеві угруповання родовищ мулових сульфідних пелоїдів мають амфібіальний тип генезису. Цікаво, що амфібіальна група була найчисленнішою в ґрунтах (45 видів) і менш різноманітною у власне водно-наземних біотопах (33 види). Це може вказувати на провідну роль саме амфібіальної складової і свідчити про два можливі сценарії взаємодії ґрунтових і гідрофільних біотопів: за першим – фітоєдафон має істотно впливати на формування водоростевих угруповань родовищ саме через амфібіальну складову, за другим – амфібіальна складова визначає особливості угруповань ґрунтів, які оточують родовища сульфідних пелоїдів.

Важливим є те, що частка амфібіальних видів у планктонних і бентосних угрупованнях була відносно малою – лише 16 видів. Саме це надає пріоритету гіпотезі про більшу ймовірність першого сценарію – впливу наземних угруповань на альгофлору родовищ через амфібіальну складову.

Припущення щодо переважання першого сценарію підсилюється



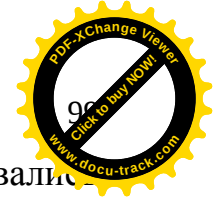
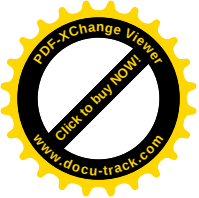
аналізом складу найбільш убівітарних і масових амфібіальних видів. Так, поширеністю та здатністю утворювати у водних біотопах макроскопічні розростання провідними були такі амфібіальні види, як *Lyngbya aestuarii*, *Trichormus variabilis*, *Nodularia harveyana*, *Nostoc linckia*, *N.punctiforme*, *Microcoleus chthonoplastes* і *Nannochloris cf. eucaryotum*.

Аналіз поширення в різних біотопах власне наземних водоростей відповідає очікуваним результатам: ця група найчисленніша в ґрунтах (8 видів) і не представлена у водних біотопах (за винятком *Schizothrix calcicola*). Наявність п'яти едафотільних видів у водно-наземних біотопах логічно підтверджує припущення про формування водоростевого населення родовищ пелоїдів саме за умов періодичних змін водної та повітряної фаз, тобто – під дією фактора періодичного часткового чи повного пересихання водойм.

Щодо виявлення у водних біотопах нібито суто наземного виду *Schizothrix calcicola*, варто послатися на результати експериментальних досліджень Ф. Друа [289], який на прикладі штамів із різних біотопів в умовах культур певних типів показав, що цей вид у дійсності має дуже широку екологічну амплітуду: він здатний рости в морській, прісній і солоній воді; за кімнатної температури та в гарячій воді; як у наземних біотопах, так і в планктоні й бентосі.

На нашу думку, екологічну характеристику *Schizothrix calcicola* необхідно переглянути, проте, наразі ми цього не робимо у зв'язку з відсутністю достовірних даних про генетичну гетерогенність водоростей із морфотипом, який відповідає цьому видові.

Таким чином, аналіз біотопічних груп водоростей та їх розподіл у водних, водно-наземних і наземних біотопах свідчить, що облігатно гідрофільна та облігатно наземна складові на родовищах мулових сульфідних пелоїдів між собою не взаємодіють, а головною сполучною ланкою, яка визначає характер водоростевих угруповань як водних, так і наземних біотопів, є саме амфібіальний складник. Переважання гідрофільно-амфібіальної водоростевої складової непрямым чином може вказувати на те,



що в історії утворення покладів мулових сульфідних пелоїдів чергувалися періоди обводнення родовищ та їх пересихання.

4.1.3. Спектр галобності водоростей досліджених полігонів. Аналіз спектрів видового складу за відношенням до фактора солоності дає змогу з'ясувати інший аспект – визначити сольовий режим, за якого відбувається формування родовищ мулових сульфідних пелоїдів.

Загалом належність до певного класу солоності (за Венеціанською системою) [290, 291] було визначено для 105 видів водоростей [129-140, 292, 293], які за галофільністю були об'єднані у 18 груп (табл. 4.5). Серед них чотири групи (прісноводна, олігогалінна, полігалінна, ультрагалінна), представники яких віддають перевагу водам лише одного класу солоності, ми вважаємо стенотопними. Одна група (прісноводно-ультрагалінна), за даними наукових джерел [129-140, 292, 293], індіферентна щодо всіх класів солоності. Решта (13 груп) здатні розвиватися у водах кількох (але не всіх) класів солоності.

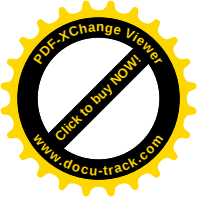
Серед цих груп найчисленнішими є три: мезогалінно-ультрагалінна (19 видів), прісноводно-ультрагалінна (13), прісноводно-полігалінна (11), які визначають загальний спектр за відношенням до фактора солоності.

Звертаємо увагу на повне переважання над іншими стенотопними групами саме полігалінних водоростей, високе різноманіття групи індіферентних щодо солоності прісноводно-ультрагалінних видів. Загалом спектр указує на переважання на досліджених полігонах умов, що відповідають досить широкому діапазону солоності.

Таблиця 4.5

Групи водоростей за відношенням до солоності у відповідності до Венеціанської системи

№	Водоростева група за відношенням до фактора солоності	Діапазон солоності, ‰	Кількість видів
1	Прісноводна	0-0,5	



2	Прісноводно-олігогалінна	0-5	
3	Прісноводно-мезогалінна	-18	

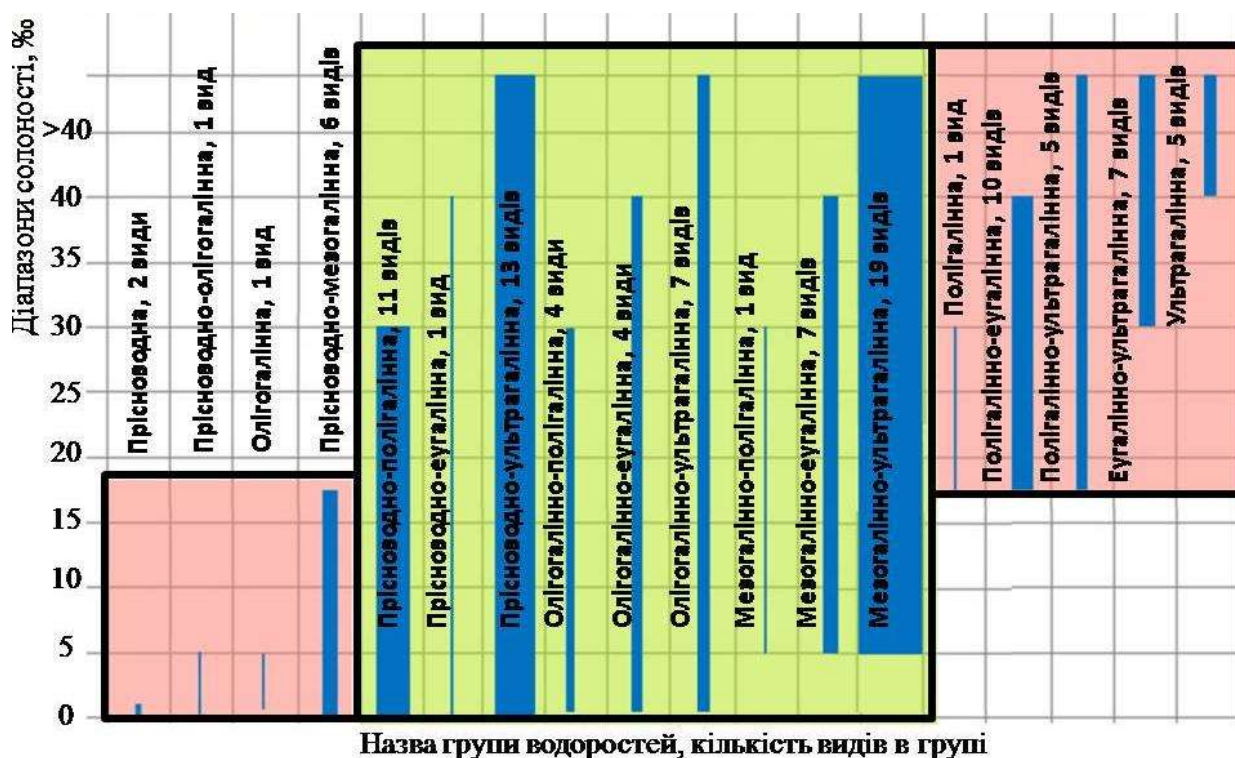
Продовж. табл. 4.5

№	Водоростева група за відношенням до фактора солоності	Діапазон солоності, ‰	Кількість видів
4	Прісноводно-полігалінна	-30	1
5	Прісноводно-еугалінна	-40	
6	Прісноводно-ультрагалінна	0 - >40	3
7	Олігогалінна	,5-5	
8	Олігогалінно-полігалінна	,5-30	
9	Олігогалінно-еугалінна	,5-40	
10	Олігогалінно-ультрагалінна	,5->40	
11	Мезогалінно-полігалінна	-30	
12	Мезогалінно-еугалінна	-40	
13	Мезогалінно-ультрагалінна	->40	9
14	Полігалінна	8-30	
15	Полігалінно-еугалінна	8-40	0
16	Полігалінно-ультрагалінна	8 - >40	
17	Еугалінно-ультрагалінна	0 - >40	
18	Ультрагалінна	40	

Щоб уточнити характер водоростевого населення за відношенням до солоності, ми визначили той діапазон солоності, до якого пристосована більшість видів, виявлених на досліджених полігонах. При цьому, для кожного діапазону розрахували кількість видів, здатних вегетувати у водах при певній концентрації солей (рис. 4.2). Як видно з рисунку, діапазон, до якого пристосована найбільша кількість видів, відповідає мезогалінно-ультрагалінному діапазону, де максимум припадає на полігалінні види. Основу цієї групи формують види водоростей, які на різних полігонах

дослідження траплялися з високим балом відносної чисельності: *Microcoleus chthonoplastes*, *Lyngbya aestuarii* та діатомея *Amphora coffeaeformis*.

Ціанопрокаріотичні водорості *Lyngbya aestuarii* і *Microcoleus chthonoplastes* набувала масового розвитку на полігонах Білосарайської, Бердянської, Обіточної кіс, в урочищі Тубальський лиман (на узбережжі Азовського моря), а також на полігонах узбережжя східного плеса Сиваша, утворюючи макроскопічні розростання переважно на дні водойм, по урізу води та на ґрунті. *Lyngbya semiplena* також багаторазово була зафіксована на різних полігонах досліджень, переважно по урізу води та на ґрунті, але за балами відносної чисельності водорість переважно мала значення «дуже мало» – «мало». Діатомова водорість *Amphora coffeaeformis* часто траплялася в різних біотопах на полігонах Бердянської коси, урочищі Тубальський лиман, узбережжі Сиваша та Молочного лиману, але макроскопічних розростань цей вид не утворював. Незважаючи на те, що два останні види водоростей масового розвитку практично не набували, вони спостерігалися на багатьох полігонах досліджень, входячи до складу субдомінантів і супутних видів у макроскопічних розростаннях водоростей.



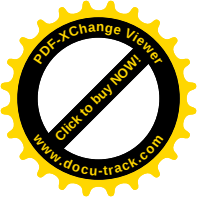


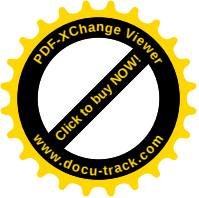
Рис. 4.2. Кількісний розподіл груп водоростей полігонів дослідження в відношенню до значень солоності

Результат є парадоксальним з погляду гіпотези про формування мулових сульфідних пелоїдів саме у водоймах – як на дні морських заток, так і на дні солоних озер. У першому випадку варто було б очікувати припадання максимуму на види мезогалінної зони, що відповідають солоності Азовського моря. У другому – максимум мав би знаходитися в ультрагалінній зоні. На нашу думку, цей парадокс із полігалінним максимумом має просте пояснення: формування пелоїдів відбувалося в умовах періодичних істотних змін солоності – фаз опріснення водойм і фаз часткового чи повного випаровування води, яке супроводжується зростанням солоності до значень, що відповідають ультрагалінним водам. У період опріснення повинна відбуватися елімінація ультрагалінних видів, у періоди пересихання – прісноводних та олігогалінних водоростей. За такого режиму лише група, яка знаходиться між лініями перетину кривих відмирання обох фаз, мала зберігатися й бути найчисленнішою. Максимум у полігалінній або еугалінній зоні якраз і відповідає такому режимові.

Переважає на досліджених полігонах водоростей, що здатні розвиватися в досить широкому діапазоні солоності, узгоджується з висновком аналізу біотопічної причетності: воно підтверджує, що утворення мулових сульфідних пелоїдів відбувається в умовах змінної солоності, а наявність як облігатно прісноводних, так і облігатно ультрагалінних видів може свідчити про чергування фаз розпріснення та періодичного пересихання водойм, де відбувається пелоїдоутворення.

Крім того, полігалінний характер водоростевого складу непрямым чином вказує на те, що найбільш інтенсивно водорості мають розвиватися не в період опріснення чи пересихання, а в проміжну фазу поступового зниження солоності між цими двома граничними точками.

Отже, утворення мулових сульфідних пелоїдів в гіпергалійних водоймах



полігонів дослідження відбувається в умовах періодичного пересихання обводнення, при зміні солоності та за участю галотолерантної групи водоростей.

4.1.4. Сапробність водоростей досліджених місцеіснувань. Одним із важливих у терапевтичному відношенні складників мулових сульфідних пелоїдів є органічна речовина. Її вміст у пелоїдах цього типу може становити до 10% від сухої маси [83, 84]. Походження органічної речовини та умови, за яких вона утворюється, можна визначити на основі аналізу сапробності водойм родовищ мулових сульфідних пелоїдів. З цією метою ми встановили спектр видів сапробіонтів, проаналізували індикаційну значимість видів водоростей-індикаторів сапробності [292, 293], і на основі індикаційної значимості видів з урахуванням їх відносної чисельності було встановлено індекс сапробності водойм полігонів дослідження.

Загалом на полігонах дослідження зі 123 видів виявлених водоростей для 35 за літературними джерелами наводиться інформація про їх індикаційні властивості [292, 293]. На полігонах дослідження нами виявлено 35 видів водоростей-індикаторів сапробності, які траплялися переважно у водоймах лагунного типу II та III стадії генезису. Відповідно до класифікації Пантле-Бука [292], ці види представляють 10 груп індикаторів сапробності (рис. 4.3).

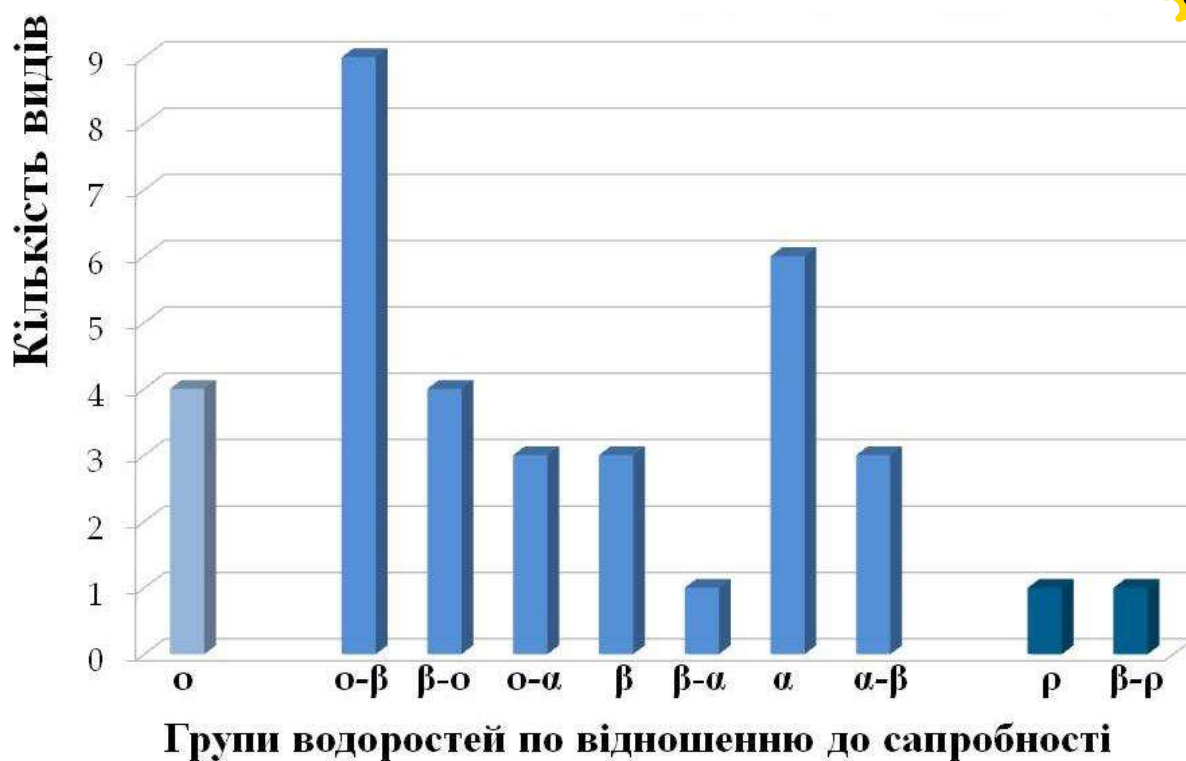
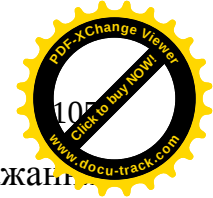
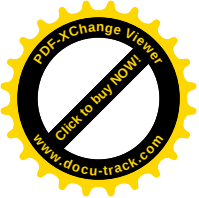


Рис. 4.3. Кількість видів водоростей різних груп сапробності за класифікацією Пантле-Бука.

Виявлені види водоростей є індикаторами чотирьох зон сапробності вод: олігосапробної, бетамезосапробної, альфамезосапробної та полісапробної. Для кожної зони сапробності вод були виділені види водоростей, які мали вузький індикаційний діапазон і були індикаторами лише однієї зони (наприклад, для олігосапробної зони - олігосапробіонти, для альфамезосапробної - альфамезосапробіонти), так і види водоростей, які мали широкий індикаційний діапазон (наприклад, для олігосапробної та бетамезосапробної зон – оліго-бетамезосапробіонти).

У водоймах полігонів дослідження виявлено 14 видів водоростей, які є індикаторами лише однієї зони сапробності вод. Серед них за кількістю видів переважаючими є індикатори альфамезосапробної зони – альфамезосапробіонти, які здатні існувати в помірно забруднених водах.

Організми-індикатори, які мають широкий індикаційний діапазон у водоймах полігонів дослідження були представлені 21 видом водоростей. Серед них найбільшою кількістю представлена група оліго-бетамезосапробіонтів (9 видів).



Серед організмів-олігосапробіонтів спостерігається переважання ціанопрокаріот (16 видів). Типовим представником є вид *Lyngbya aestuarii*, який траплявся на Білосарайській, Бердянській та Обіточній косах, на косі Арабатська стрілка, у гирловій частині р. Корсак, в урочищі Тубальський лиман, на узбережжі Молочного лиману та Сиваша. Водорість утворювала макроскопічні розростання в бентосі водойм, по урізу води, в зоні обсихання та в ґрунті. За шкалою відносної рясності водорість відповідала значенням «багато» – «дуже багато» (рис. 4.4).

Найбільшою кількістю видів серед організмів-мезосапробіонтів представлені ціанопрокаріоти та діатомові водорості (16 та 12 видів відповідно). Досить часто на полігонах дослідження фіксувався вид *Nodularia harveyana*, який належить до групи бета-олігомезосапробіонтів. Ця водорість траплялася переважно поодинокі, але на полігонах Бердянської коси та косі Арабатська стрілка вид виступав субдомінантом, утворюючи разом із *Lyngbya aestuarii*, на дні водойм, макроскопічні водоростеві розростання. Серед мезосапробіонтів відносно поширеними є представники відділу *Bacillariophyta* – *Amphora coffeaeformis*, *Hantzschia amphioxys*, *Gyrosigma acuminatum*, які не утворювали макроскопічних розростань і за шкалою відносної рясності рідко досягали значень «достатньо багато» чи «багато». Проте вони неодноразово траплялися на різних полігонах дослідження, входячи до складу макроскопічних розростань, утворених іншими видами. Також до групи індикаторів мезосапробної зони входила одна зелена водорість (*Ulothrix zonata*).

Водоростями полісапробних водойм є два види: діатомея *Navicula minima* (полісапробіонт) і ціанопрокаріота *Pseudanabaena catenata* (бета-полісапробіонт). Серед індикаторів полісапробної зони діатомова водорість *Navicula minima*, виявлена на полігоні Бердянської коси, за відотною рясністю досягала значення «багато», а *Pseudanabaena catenata* виявлена лише поодинокі в бентосі дослідженої водойми на пробній площі АСК в межах території полігону 19 (коса Арабатська стрілка).

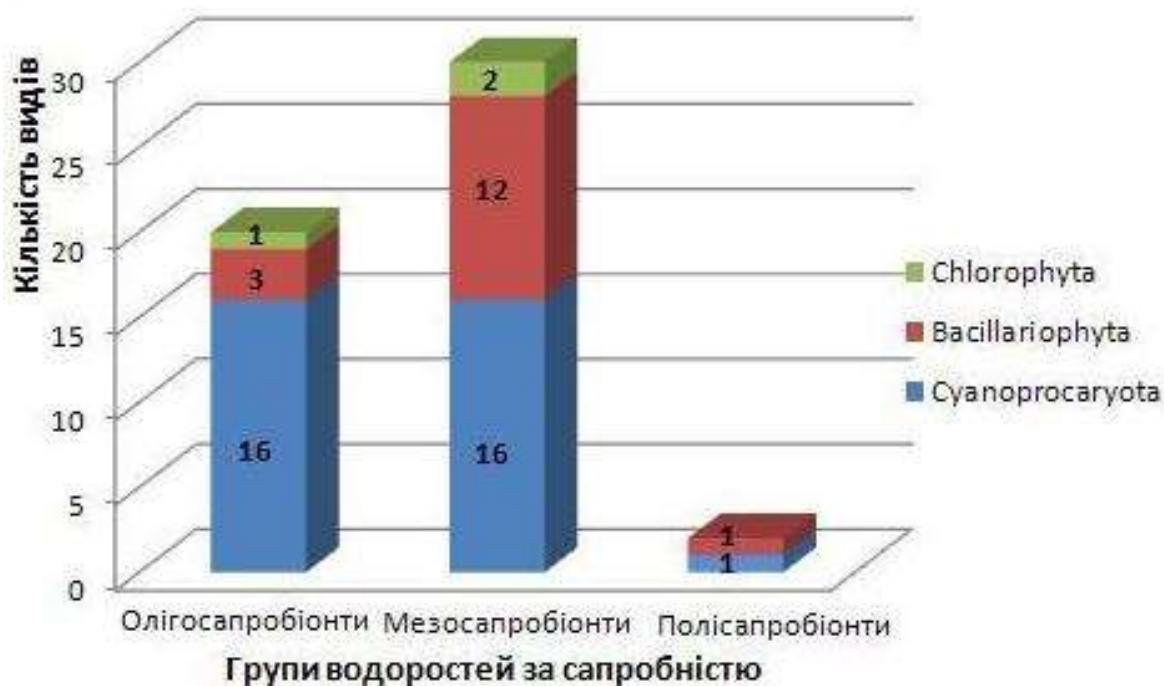


Рис. 4.4. Різноманітність водоростей різних зон сапробності на рівні відділів.

Аналіз індикаційної значимості видів та їх відносної чисельності, дозволив встановити індекс сапробності водойм полігонів дослідження, який розраховувався за формулою:

$$S = \frac{\sum s \cdot h}{\sum h} \quad (4.1)$$

де S – індекс сапробності;

s - індикаторна значимість виду;

h - частота трапляння.

Серед водойм полігонів дослідження сім характеризуються як олігосапробні, ще сім як бетамезосапробні. Лише дві водойми характеризуються як альфамезосапробні (рис. 4.5).

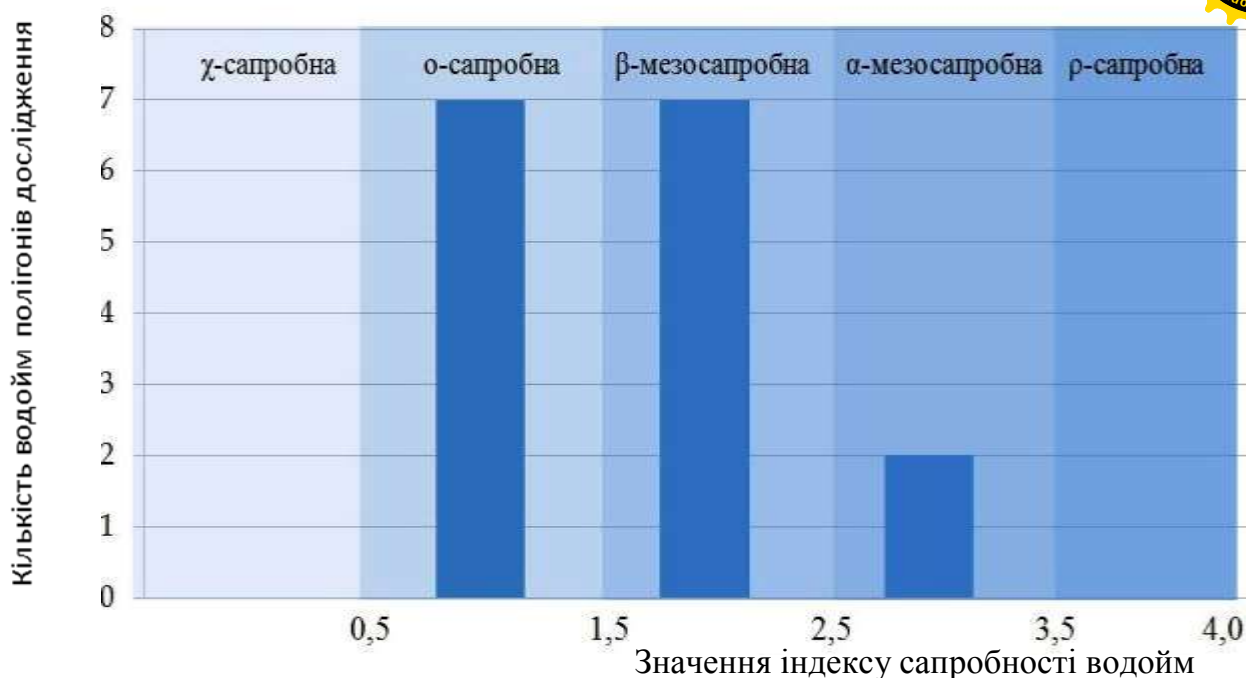
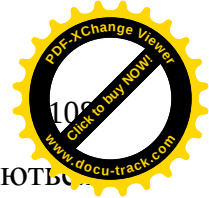
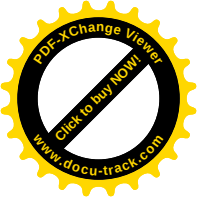


Рис. 4.5. Розподіл водойм полігонів дослідження по зонам сапробності.

Таким чином, водойми, в яких відбувається формування мулових сульфідних пелоїдів є чистими та помірно чистими. Характерним для них є окислювальне середовище, низька концентрація сірководню та досить низький вміст органічної речовини, яка, ймовірно, має автохтонне походження й утворюється завдяки водоростям. У таких водоймах привнесення алохтонної органічної речовини мало б негативний вплив на розвиток водоростей.

З іншого боку, фізико-хімічні показники пелоїдів полігонів дослідження свідчать про те, що вони характеризуються відновним середовищем, збагачені сірководнем, містять достатньо багато органічної речовини, що не відповідає умовам зазначених вище водойм бета-олігомезосапробної зони. Виникає питання: як в умовах чистих або помірно чистих вод при звичайно високому вмісті кисню, низькій концентрації сірководню та переважанні окислювальних процесів відбувається утворення мулових сульфідних пелоїдів?

Цей парадокс може пояснюватися наявністю на дні водойм агента, який

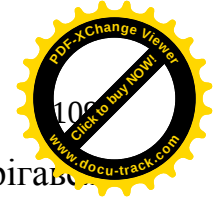
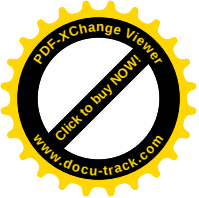


би виконував функцію бар'єра між водною товщею, де відбуваються окислювальні процеси, та зоною відновних процесів – пелоїдоутворювальним середовищем. Агент повинен виконувати функції накопичення та консервації органічної речовини в пелоїді. Єдиним претендентом на роль такого агента можуть бути суцільні бентосні макроскопічні розростання водоростей, які згадуються в літературі як «шкіра» [12].

Особливими рисами таких агентів є досить висока щільність і стійкість до швидкого розпаду, що зумовлено наявністю слизистих полісахаридних чохлаів або щільних клітинних покривів. Прикладом може виступати ціанопрокаріотична водорість *Lyngbya aestuarii*, яка набувала масового розвитку на дні водойм полігонів дослідження, утворюючи суцільні ослизлі макроскопічні розростання. Під такими розростаннями було виявлено поклади мулових пластичних пелоїдів чорного кольору із запахом сірководню.

У водоростевих макроскопічних розростаннях такого типу спостерігається функціональна стратифікація. Верхній шар є фотосинтезуючим і виконує функцію накопичення біомаси. Нижні шари, які мають безпосередній контакт із мулом, на нашу думку, виконують функцію відкладення та накопичення мортмаси водоростей і забезпечують анаеробні відновні умови й наявність сірководню, що сприяє утворенню мулових сульфідних пелоїдів.

Крім того, водоростеве макроскопічне розростання виконує і захисну функцію, що має особливе значення в періоди часткового чи повного пересихання водойм. Під макроскопічними водоростевими розростаннями мулові сульфідні пелоїди зберігають фізико-хімічні властивості та органолептичні показники. Так, в урочищі Тубальський лиман (пробна площа ПП-1 полігону 10) та на косі Арабатська стрілка (пробна площа АСР полігону 17) навіть влітку, під час пересихання водойм, під суцільними макроскопічними розростаннями, які були утворені розростаннями



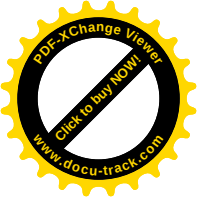
трихальної ціанопрокаріотичної водорості *Lyngbya aesturii*, спостерігався неокислений пластичний пелоїд чорного кольору із характерним запахом сірководню.

Таким чином, провідна роль в утворенні мулових сульфідних пелоїдів належить саме бентосним, а не планктонним водоростям, як це стверджував Л. Я. Яроцький [4].

Представники інших відділів, які не утворюють слизистих чохлаїв, навіть при швидкому масовому розвитку та здатності до утворення великої кількості біомаси розкладаються відносно швидко й не спроможні забезпечити необхідні умови для формування сірководневих пелоїдів. Так, під час досліджень на узбережжі Сиваша (околиця с. Сальково), де спостерігалось масове розростання *Cladophora siwaschensis* на дні водойми, був виявлений під розростаннями сірий пелоїд, позбавлений характерного запаху сірководню.

При відсутності макроскопічних водоростевих розростань утворення мулових сульфідних пелоїдів не відбувається через переважання окислювальних процесів над відновними та через нестачу органічної речовини водоростевої бентосної мортмаси. Наприклад, на полігоні 15 (східне плесо Сиваша на околиці с. Чонгар) не було виявлено макроскопічних розростань, утворених ціанопрокаріотами чи зеленими водоростями, не траплялися при цьому й мулові сульфідні пелоїди. Натомість, у зоні обсихання водойми, під незначним поверхневим «цвітінням» діатомових водоростей, спостерігався горизонт пелоїду невеликої потужності, який мав домішки черепашки і піску, був темно-сірого кольору. Ймовірно, діатомові водорості, які мають щільні панцири також здатні виконувати захисну функцію, як і розростання ціанопрокаріот, але на території полігонів дослідження вони не утворювали суцільної плівки, тому сформувався пелоїд сірого кольору.

Особливості участі різних відділів водоростей у процесі пелоїдоутворення можна виявити при дослідженні процесів деструкції



мортмаси цих водоростей.

4.1.5. Ацидофільність водоростей досліджуваних місцеіснувань.

Реакція середовища є одним із важливих нормативних показників для лікувальних пелоїдів. Аналіз спектрів видового складу водоростей за відношенням до рН середовища дає змогу з'ясувати оптимальну реакцію середовища, при якій відбувається формування мулових сульфідних пелоїдів.

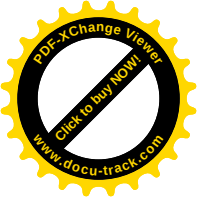
Значення рН водойм полігонів дослідження коливалося від 6,5 до 9,0, що вказує на зміщення реакції середовища вбік переважання слабколужних умов. Відомо, що серед водоростей є різні групи за приуроченістю до певної кислотності середовища – індіференти (організми, які існують у широкому діапазоні значень рН), нейтрофіли (організми, які існують при $pH=7$), алкаліфіли (існують при $pH > 7$), ацидофіли (наявні при $pH < 7$) [292, 293]. Більшість виявлених водоростей полігонів досліджень розвивалася при нейтральних і слабколужних значеннях величини рН.

Аналіз повного списку водоростей, виявлених на полігонах дослідження, свідчить про те, що індикаторами рН середовища є 25 видів. З них переважаючою є група алкаліфілів, яка об'єднує 22 види (88%). Групи індіферентів і нейтрофілів представлені двома видами та одним відповідно.

Серед досліджених водоростей-алкаліфілів найбільш поширеними були діатомеї *Gyrosigma acuminatum*, *Amphora coffeaeformis*, які макроскопічних розростань не утворювали, але часто входили до розростань із домінуванням інших видів водоростей.

Так, наприклад, на пробній площі БРО-5 полігону 3б при домінуванні *Cryptomonas stigmatica* вони були супутніми видами. Група нейтрофілів представлена лише однією діатомеєю – *Navicula radiosa*, що була виявлена у планктоні Молочного лиману.

Таким чином, мулові сульфідні пелоїди формуються у водоймах із слабколужною реакцією середовища за рахунок алкаліфільної групи водоростей. Представники цієї групи здатні утворювати макроскопічні



розростання, які вкривають дно водойм щільним шаром, створюючи анаеробні умови, при яких відбуваються відновлювальні процеси з утворенням сірководню.

4.2. Анотований список водоростей гіпергалійних водойм досліджених полігонів північно-західного узбережжя Азовького моря

Анотований список складений за системою, прийнятою у монографії «Водорості ґрунтів України» [129] з доповненнями та уточненнями відповідно до чек-листу «Разнообразие водорослей Украины» (2000) та доповненнями до нього [141] та виданням серії «Algae of Ukraine» [142, 143]. Для кожного виду або внутрішньовидового таксону наведена латинська назва та прізвище авторів; з абзацу – локалітет, аббревіатура пробної площі, в дужках дата збору, біотоп (планктон, бентос, ложе пересохлих ділянок водойм (далі-зона обсихання), незатоплювані підвищені ділянки (далі – ґрунти), екотонні угруповання (далі - уріз води)); відносна чисельність за шестибальною шкалою.

З нового абзацу наводяться відомості щодо біотопічної причетності за оригінальними та літературними даними (гідрофільний, наземний або амфібіальний), діапазону солоності (у відповідності з Венеціанською шкалою), рН (за оригінальними даними), відношення до певної групи сапробності та в дужках - примітки щодо розбіжностей оригінальних даних з тими, що наводяться у різних довідкових джерелах [180-183, 186-289, 292]. Окремим абзацем в деяких випадках подані коментарі щодо будь-яких специфічних особливостей таксону, виявлені під час виконання даної роботи.

Cyanoprocarvota

Cyanophyceae

Chroococcales

Merismopediaceae

***Synechocystis* Sauvageau 1892**

1. *Synechocystis minuscula* Woron. 1926 (рис. 4.6):

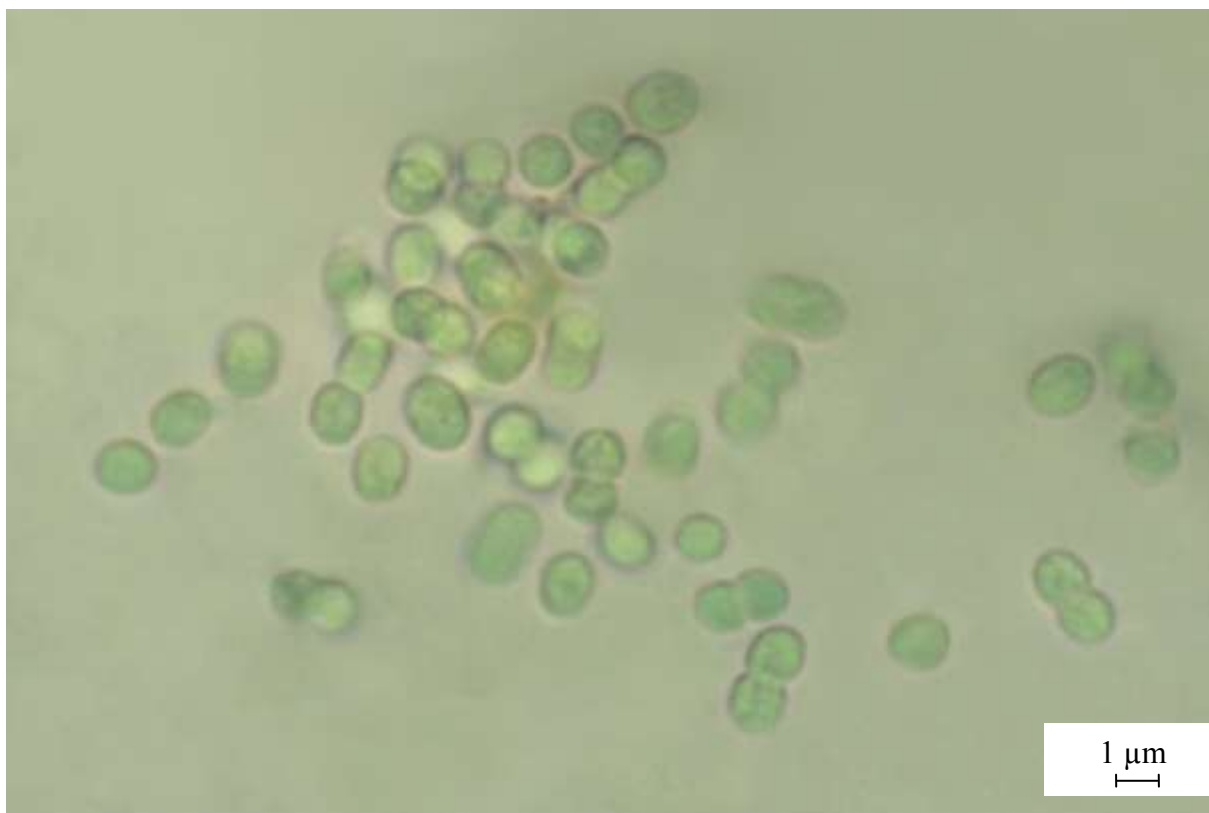


Рис. 4.6. *Synechocystis minuscula* Woron. 1926 (Сяанопросарота)

Коса Арабатська стрілка: полігон АСТ (31.07.2005; бентос, 4); 28,5‰, рН=7,67. Гідрофільний, прісноводно-мезогалінний, помірно алкаліфільний [140]. Термофільний. На полігонах дослідження виявлений лише у термальному басейні на косі Арабатська стрілка

***Microcrocis* Richter 1892**

2. *Microcrocis* sp.: Бердянська коса: пробна площа БРМ-8 (24.06.2005; планктон, 3).

***Merismopedia* Meyen 1839**

3. *Merismopedia glauca* (Ehrenb.) Kütz. 1845(рис. 4.7)



Рис. 4.7. *Merismopedia glauca* (Ehrenb.) Kütz. 1845 (Cyanoprocarvota)

Бердянська коса: пробні площі БРК-1 (23.06.2005; зона обсихання, 3), БРМ-9 (24.06.2005; бентос, 5); коса Арабатська стрілка: пробна площа АСО-1 (27.06.2005; зона обсихання, 3); 12,5-26,5‰, рН=8,0-9,0.

Амфібіальний; прісноводно-міксогалінний; ймовірно алкаліфіл; о-а.

Літературні дані суперечливі: за певними джерелами є прісноводно-солонуватоводним [138, 184, 186-190]. Наші дані співпадають з першою точкою зору.

4. *Merismopedia mediterranea* Nägeli 1849: Бердянська коса: пробна площа БРК-8 (24.06.2005; ґрунти, 5). 46-62‰, рН=9,0.

Гідрофільний; еугалінно-ультрагалінний; ймовірно алкаліфіл.

***Gomphosphaeria* Kützting**

5. *Gomphosphaeria salina* Komárek & Hindák 1988 (рис. 4.8).



Рис. 4.8. *Gomphosphaeria salina* Komárek & Hindák 1988
(Cyanoprocaryota)

Бердянська коса: пробні площі: БРО-5 (22.06.2005; уріз води, 1), БРМ-9 (24.06.2005; бентос, 1), БРМ-11 (24.06.2005; уріз води, 1); 26,5-31,5‰, pH=8,0-9,0.

Гідрофільний (планктонний); полігалінно-еугалінний; ймовірно алкаліфіл.

Microcystaceae

***Chondrocystis* Lemmermann 1899**

6. *Chondrocystis sarcinoides* (Elenkin) Komárek & Anagn. 1995 (рис. 4.9).
Бердянська коса: пробна площа БРМ-10 (24.06.2005; зона обсихання, 5); БРМ-11 (24.06.2005; бентос, 5); 30-35‰, pH=9,0.

Амфібіальний; еугалінно-ультрагалінний; ймовірно алкаліфіл.

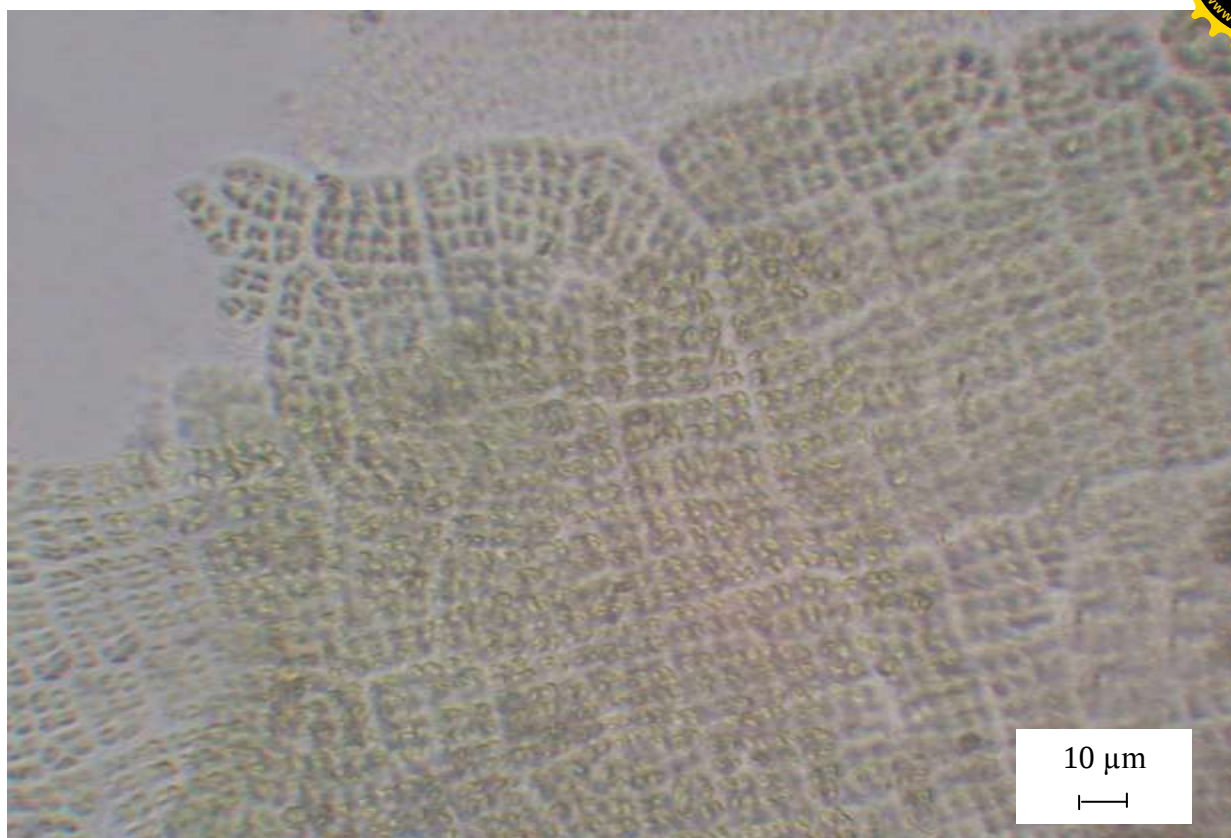


Рис. 4.9. *Chondrocystis sarcinoides* (Elenkin) Komárek & Anagn. 1995 (Cyanoprocarvota)

Chroococcaceae

***Gloeocapsopsis* Geitler ex Komárek 1993**

7. *Gloeocapsopsis crepidinum* (Thur.) Geitler ex Komárek 1993: Бердянська коса: пробна площа БРМ-9 (24.06.2005; уріз води, 1); 26,5‰; pH=8,0-9,0.

Амфібіальний; полігалінно-еугалінний (від 18‰ за [191] галофіт за [140]).

***Chroococcus* Nägeli 1849**

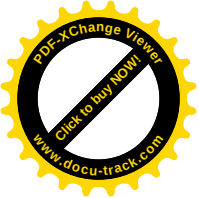
8. *Chroococcus cohaerens* (Bréb.) Nägeli 1849: Бердянська коса: пробна площа БРМ-11 (24.06.2005; бентос, 1, уріз води, 2); 30-31,5‰, pH=9,0.

Амфібіальний; міксогалінно-еугалінний; ймовірно алкаліфіл.

Chamaesiphonaceae

***Chamaesiphon* A. Braun et Grunow in Rabenh 1865**

9. *Chamaesiphon confervicolus* A. Braun in Rabenh. 1865: Молочний лиман: ОЗ-97а (07.08.1997; планктон, 1); 24,7‰, pH=7,2.



Гідрофільний; прісноводно-полігалінний.

Spirulina Turpin ex Gomont 1892

10. *Spirulina major* Kütz. 1843: Бердянська коса: пробна площа БРО-5 (22.06.2005; уріз води, 2); гирлова частина р. Корсак: пробна площа СТ-1 (05.07.2011; планктон, 1), урочище Тубальський лиман: пробна площа ПП-1 (05.07.2011; ґрунти, 1); 100-111,6‰; pH=6,4-6,8.

Гідрофільний, прісноводно-ультрагалінний (індиферент) (0-360‰ за [32, 170-175, 192-197]); α .

11. *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont 1892: узбережжя Молочного лиману: МЛ-1 (23.03.2011; планктон, 2); 156‰, pH=6,1.

Гідрофільний; прісноводно-ультрагалінний (індиферент) (13-360‰ за [29, 192, 198-200], прісноводно-ультрагалінний за [140]).

Oscillatoriales

Pseudanabaenaceae

Pseudanabaena Lauterborn 1915

12. *Pseudanabaena catenata* Lauterborn 1915: коса Арабатська стрілка: пробна площа АСК (26.06.2005; ґрунти, 1); 65‰, pH=8,5–9,0.

Гідрофільний; прісноводно-еугалінний (?); β -р.

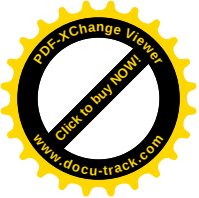
13. *Pseudanabaena mucicola* (Naumann et Hub.-Pest.) Schwabe 1964 (= *Phormidium mucicola* Hub.-Pest. et Naumann 1929 f. *mucicola*): Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (23.06.2005 уріз води, 2, ґрунти, 2), БРМ-11 (24.06.05; уріз води, 1), Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.97, планктон, 1); 24,7-61,2‰, pH=7,2-9,0.

Гідрофільний; прісноводно-ультрагалінний (0->40‰ за [179-184, 187, 191, 192, 201-206]); α - β .

14. *Pseudanabaena limnetica* (Lemmerm.) Komárek 1974: узбережжя Молочного лиману: пробна площа МЛ-1 (23.03.2011; уріз води, 2) 156‰, pH=6,1.

Гідрофільний; прісноводно-мезогалінний (0-18 за [201, 207-211]); α - β .

Ймовірно, вид випадково занесений з прісноводних місцезростань.



Jaaginema Anagnostidis et Komárek 1988

15. *Jaaginema kuetzingianum* (Nägeli in Kütz.) Anagn. et Komárek 1988 (= *Oscillatoria kuetzingiana* Nägeli in Kütz. 1849): Бердянська коса: пробна площа БРК-1 (23.06.05; ґрунти, 2); 61-167‰; рН від 6,7 до 9,0.

Амфібіальний; (0-37‰ за [201, 212]).

Leptolyngbya Anagnostidis et Komárek 1988

16. *Leptolyngbya amplivaginata* (V. Goor) Anagn. et Komárek 1988: Бердянська коса: пробна площа БРК-8 (24.06.2005; ґрунти, 3); 46‰; рН=9,0.

Ймовірно амфібіальний.

17. *Leptolyngbya komarovii* Anisimova 1949: Бердянська коса: БРК-8 (24.06.2005; бентос, 2), узбережжя Сиваша: пробна площа ЖД-1 (24.03.2011; уріз води, 1), коса Арабатська стрілка: пробні площі: АСТ (27.06.2005; планктон, 2), АСО-1 (27.06.2005; бентос, 4; зона обсихання, 4); 46-97,5‰, рН=6,9-9,0.

Амфібіальний; прісноводно-ультрагалінний (?); α - β .

18. *Leptolyngbya foveolarum* (Rabenh. ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988: Молочний лиман: пробна площа: ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 1); 24,7‰, рН=7,2.

Амфібіальний; прісноводно-полігалінний; α - β .

19. *Leptolyngbya frigida* (Fritsch) Anagn. et Komárek 1988: Обіточна коса: ОК-1 (05.07.2011; ґрунти, 1), узбережжя Молочного лиману МЛ-1 (23.03.2011; ґрунти, 2); 156-169‰, рН=7,1.

Амфібіальний; прісноводно-ультрагалінний (індиферент за [272]).

20. *Leptolyngbya halophila* (Hansg. ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988: Бердянська коса: пробна площа БРК-1 (21.03.2011; ґрунти, 4; 30.06.2011; уріз води, 3, ґрунти, 1), Обіточна коса: пробна площа ОК-1 (06.04.2011; ґрунти, 2; 05.07.2011; ґрунти, 1), коса Арабатська стрілка: пробна площа АСР (24.03.2011; уріз води, 2; 11.07.2011; бентос, 2, уріз води, 2; ґрунти, 1); 107,5-165‰, рН=6,7-7,3.

Амфібіальний; еугалінно-ультрагалінний.

21. *Leptolyngbya boryana* (Gomont) Anagn. et Komárek 1988 (рис. 4.10).



Рис. 4.10. *Leptolyngbya boryana* (Gomont) Anagn. et Komárek 1988 (Cyanoprocarota)

Бердянська коса: пробна площа БРО-5 (22.06.2005; уріз води, 4); 26,5‰, рН=9,0.

Ймовірно амфібіальний; полігалінно-ультрагалінний.

22. *Leptolyngbya* cf. *lagerheimii* (Gomont) Anagn. et Komárek 1988: Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (23.06.2005; ґрунти, 1-4), БРК-8 (24.06.2005; ґрунти, 1), БРМ-11 (24.06.2005; уріз води, 1), узбережжя Сиваша СА-1 (11.07.2011; ґрунти, 1); 31,5-159‰; рН=6,7-9,0.

Амфібіальний (?); полігалінно-ультрагалінний (?).

Leptolyngbya lagerheimii за [139] є критичним у систематичному відношенні видом, номенклатурний тип якого, представляє тропічну флору. Наведений нами під цією назвою таксон з території України, ймовірно, є іншим видом. Проте, враховуючи його неодноразові знахідки в районі дослідження ми приймаємо цей таксон як амфібіальний полігалінно-

ультрагалінний, а назву наводимо як *Leptolyngbya* cf. *lagerheimii*.

23. *Leptolyngbya nostocorum* (Bornet ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988
(рис. 4.11).

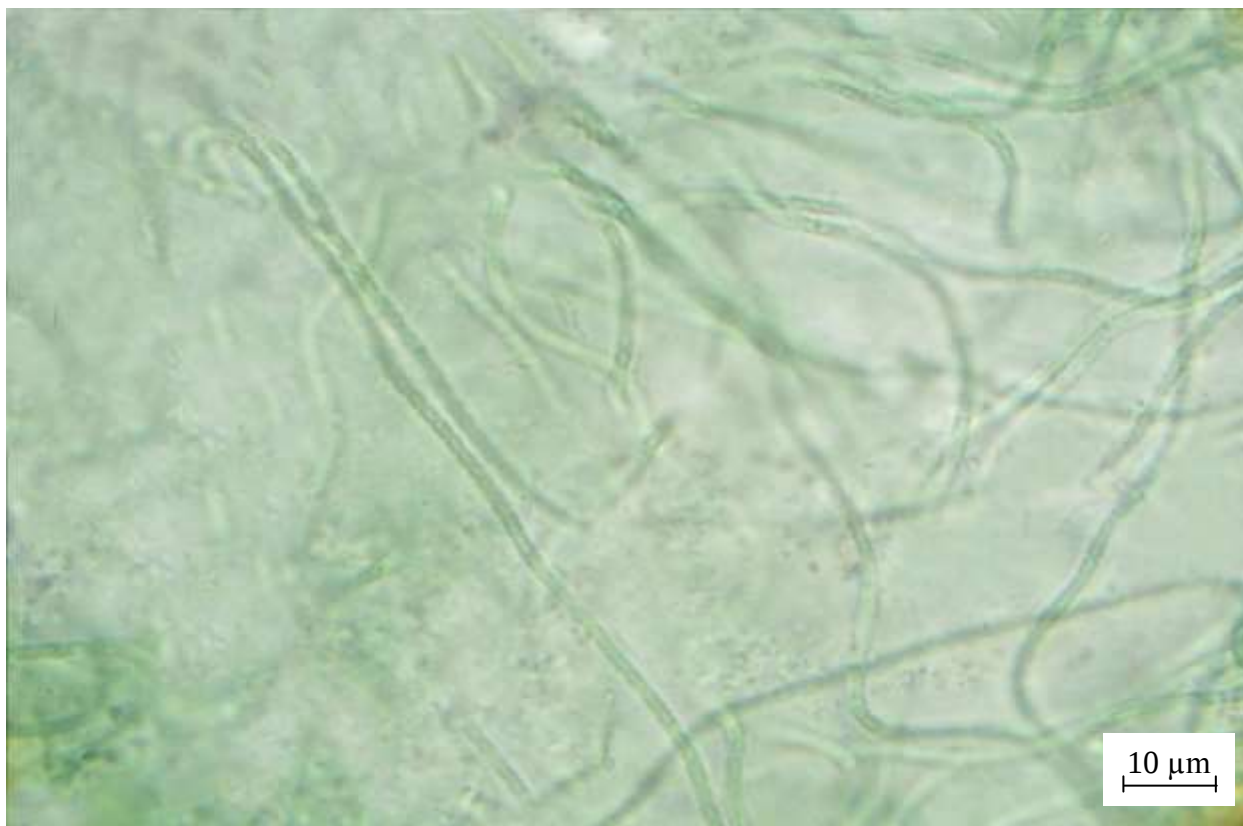


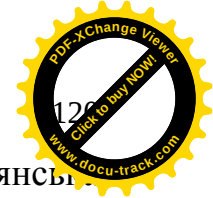
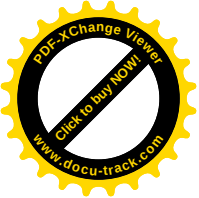
Рис. 4.11. *Leptolyngbya nostocorum* (Bornet ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988
(Суанопrocaryota)

Узбережжя Молочного лиману: пробна площа МЛ-1 (23.03.2011; уріз води, 4), узбережжя Сиваша: пробні площі: СА-1 (11.07.2011; уріз води, 2), ЖД-1 (11.07.2011; уріз води, 1), коса Арабатська стрілка: пробна площа АСР (21.10.2009; ґрунти, 1); 97,5-159‰, рН=6,1-7,3.

Амфібіальний; ймовірно прісноводно-ультрагалінний; α - β .

24. *Leptolyngbya perelegans* (Lemmerm.) Anagn. et Komárek 1988:
Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (24.06.2005; зона обсихання, 4), БРК-8 (24.06.2005; уріз води, 2), БРМ-10 (24.06.2005; ґрунти, 3), гирлова частина р. Корсак: пробна площа: СТ-1 (05.07.2011; ґрунти, 1), урочище Тубальський лиман: ПП-1 (05.07.2011; ґрунти, 1); 35-111,6‰, рН=6,8-9,0.

Амфібіальний; прісноводно-ультрагалінний (ймовірно індиферент); α .



25. *Leptolyngbya* cf. *tenuis* (Gomont) Anagn. et Komárek 1988: Бердянська коса: пробна площа БРК-1 (21.03.2011; ґрунти, 4; 30.06.2011; уріз води, 2, ґрунти, 1), Обіточна коса: пробна площа ОК-1 (05.07.2011; ґрунти, 1), узбережжя Сиваша: пробна площа СА-1 (24.03.2011; уріз води, 1), (11.07.2011; ґрунти, 2), коса Арабатська стрілка АСР (11.07.2011; ґрунти, 1); 142,8-169‰, pH=6,9-7,1.

Амфібіальний; полігалінно-ультрагалінний.

За [140] назва *Leptolyngbya tenuis* застосовується, як мінімум, до двох різних екотипів: прісноводного, який відповідає номенклатурному типу виду та полігалінно-ультрагалінний, який може бути самостійним таксоном. Наші знахідки узгоджуються з другим екотипом і тому наводяться як *Leptolyngbya* cf. *tenuis*.

26. *Leptolyngbya valderiana* (Gomont) Anagn. et Komarek 1988 (= *Phormidium valderiae* (Delp.) Geitler 1925): Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (23.06.2005; ґрунти, 4), БРК-8 (24.06.2005; ґрунти, 2), БРМ-11 (24.06.2005; уріз води, 1), узбережжя Сиваша: пробна площа ЖД-1 (11.07.2011; уріз води, 1); 46-166‰, pH=7,3-9,0.

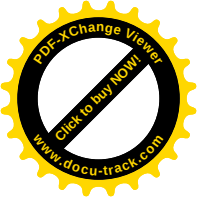
Амфібіальний; прісноводно-ультрагалінний (1-18‰ за [192, 203], від прісних до солоних водойм за [140]).

***Planktolyngbya* Anagnostidis et Komárek 1988**

27. *Planktolyngbya* cf. *limnetica* (Lemmerm.) Komárkova-Legnerova et Cronberg 1992: Бердянська коса: БРК-8 (24.06.2005; ґрунти, 1), коса Арабатська стрілка: пробна площа АСК (26.06.2005; бентос, 3; ґрунти, 1); pH=9,0.

Ймовірно гідрофільний; еугалінно-ультрагалінний.

За [140] назва *Planktolyngbya limnetica* застосовується, як мінімум, до двох різних екотипів: прісноводного, який відповідає номенклатурному типу виду та еугалінно-ультрагалінний, який може бути самостійним таксоном. Наші знахідки узгоджуються з другим екотипом і тому наводяться як *Planktolyngbya* cf. *limnetica*.



Schizotrichaceae

Schizothrix Kützing ex Gomont 1892

28. *Schizothrix arenaria* (Berk.) Gomont 1892: коса Арабатська стрілка: АСК (27.06.05; уріз води, 1); 65‰; pH=9,0.

Наземний (субаерофільний); міксогалінно-ультрагалінний (20-236‰ за [189-191, 211-213]); ймовірно алкаліфіл.

29. *Schizothrix calcicola* Gomont 1892 (рис. 4.12).



Рис.4.12. *Schizothrix calcicola* (C. Agardh) Gomont 1892 (Cyanoprocaryota)

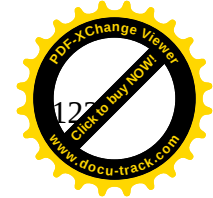
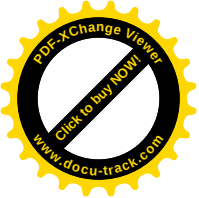
Коса Арабатська стрілка: пробні площі: АСО-А (27.06.2005; бентос, 5); 76‰, pH=8,5-9,0.

Наземний (субаерофільний); міксогалінно-ультрагалінний; алкаліфіл.

30. *Schizothrix coriacea* Gomont 1892: коса Арабатська стрілка: пробні площі АСР (21.10.2009; ґрунти, 1), АСК (27.06.2005; бентос, 2; уріз води, 3) 65-167‰, pH=6,6-9,0.

Амфібіальний, прісноводно-ультрагалінний (0-40‰ за [191, 192, 213-214]).

Phormidiaceae



***Phormidium* Kützing ex Gomont 1892**

31. *Phormidium* cf. *amphibium* (C.Agardh ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988: урочище Тубальський лиман: ПП-1 (05.07.2011; планктон, 3; ґрунти, 1), 111,6‰, pH=6,4.

Ймовірно амфібіальний; мезогалінно-ультрагалінний.

За [140], *Phormidium amphibium* (=Geitlerinema *amphibium* (C.Agardh ex Gomont) Anagnostidis 1989, *Oscillatoria amphibia* C.Agardh ex Gomont 1892) є прісноводним бентосним та перифітонним видом. Знахідки цього виду у солонуватих та солоних водоймах, на думку, Й. Комарека та К. Анагностидіса [140] стосуються окремого самостійного виду. У нашому випадку, враховуючи тип біотопу, мова йде саме про цей окремий невідомий вид. Тому, даний таксон у списку наведений як «cf.».

32. *Phormidium irriguum* (Kütz. ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988: коса Арабатська стрілка: пробна площа АСК (27.06.2005; ґрунти, 2); pH=9,0.

Амфібіальний; ймовірно прісноводний.

За [140] *Phormidium irriguum* (=Oscillatoria *irrigua* Kütz. ex Gomont 1892) мешкає у прісних водоймах або на вологих скелях. Наша знахідка цього виду не узгоджується з екологічною характеристикою наведеного джерела. Не виключно, що мова йде про т. зв. «види-двійники».

33. *Phormidium paulsenianum* f. *takyricum* Novichk. 1960: Обіточна коса: ОК-1 (05.07.2011; ґрунти, 3); 169‰, pH=7,1.

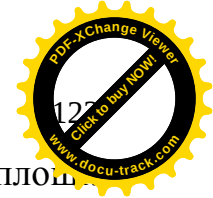
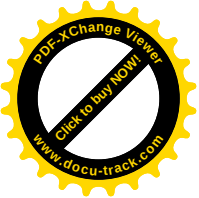
Наземний (едафотільний), мікогалінний-ультрагалінний, за ацидотільністю, ймовірно індіферент.

34. *Phormidium subuliforme* (Thw. ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988: узбережжя Молочного лиману: пробна площа МЛ-1 (23.03.2011; бентос, 4), узбережжя Сиваша: пробна площа СА-1 (24.03.2011; бентос, 3), 155-159‰, pH=6,1-6,8.

Амфібіальний; мезогалінно-ультрагалінний.

***Porphyrosiphon* Kützing ex Gomont 1892**

35. *Porphyrosiphon luteus* (Gomont ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988



syn. *Lyngbya lutea* Gomont ex Gomont 1892: узбережжя Сиваша: пробні площі СА-1 (11.07.2011; зона обсихання, 3, уріз води, 5), коса Арабатська стрілка: пробна площа АСР (11.07.2011; бентос, 3); 159‰, pH=6,7.

Гідрофільний; мезогалінно-ультрагалінний: (18‰ за [192]).

Symploca Kützing ex Gomont 1892

36. *Symploca* cf. *muscorum* Gomont ex Gomont 1892: Бердянська коса: пробні площі: БРК-8 (24.06.2005; уріз води, 2); 46-62‰, pH=9,0.

Гідрофільний (морський?), полігалінно-ультрагалінний.

За [140] під назвою *Symploca muscorum* Й. Комарек та К. Анагностидіс виділяють 3 різні екотиби, які ймовірно представляють різні таксони. Перший екотип (власне, *Symploca muscorum*) є наземною водорістю, характерною для чистих ґрунтів; другий екотип зустрічається у континентальних стоячих або проточних водоймах. Третій екотип наводиться для солонуватих водойм та морської літоралі. Ми вважаємо, що в нашому випадку має місце саме третій екотип, який має розглядатись як гідрофільна полігалінно-ультрагалінна водорість, ймовірно, морського походження. Саме його ми наводимо в нашому списку *Symploca* cf. *muscorum*.

Hydrocoleum Kützing 1843

37. *Hydrocoleum* cf. *homoeotrichum* Kütz. ex Gomont 1892: Бердянська коса: пробна площа БРО-1 (22.06.2005; зона обсихання, 4), 12,5‰; pH=9,0.

Ймовірно амфібіальний; ймовірно міксогалінно-еугалінний.

За даними Й. Комарек та К. Анагностидіса *Hydrocoleum homoeotrichum* має як мінімум 2 екотиби, які, ймовірно, представляють різні таксони. Перший екотип (власне *Hydrocoleum homoeotrichum*) представляє прісноводну реофільну водорість. Інший екотип (екотиби) є наземною водорістю. На території України останній екотип відмічався на вологих ґрунтах степової зони Л. П. Приходьковою [35] та був виділений і досліджений в культурі з солончаків Приазов'я С. О. Яровим [294]. Наша знахідка відповідає екотипу з наземних міксогалінних біотопів і, тому

наводиться як амфібіальні міксогалінно-еугалінна водорість під назвою *Hydrocoleum* cf. *homoeotrichum*.

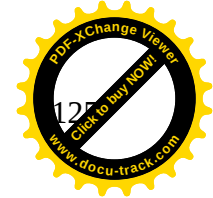
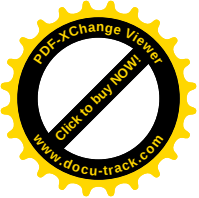
***Microcoleus* Desmazieres ex Gomont 1892**

38. *Microcoleus chthonoplastes* Thur. 1875 (рис. 4.13).



Рис.4.13. *Microcoleus chthonoplastes* Thur. ex Gomont 1875 (Cyanoprocarota)

Білосарайська коса: пробні площі: БЛК-1 (18.03.2011; уріз води, 4, ґрунти, 3; 30.06.2011; уріз води, 4; ґрунти, 2), БРО-1 (22.06.2005; зона обсихання, 2; ґрунти, 4), гирлова частина р. Корсак: пробна площа СТ-1 (05.07.2011; бентос, 3, ґрунти, 3), Обіточна коса: пробна площа ОК-1 (06.04.2011; уріз води, 2), урочище Тубальський лиман: пробні площі: ПП-1 (05.07.2011; бентос, 4), ПП-6 (23.10.2004, зона обсихання, 2); узбережжя Сиваша: пробна площа СА-1 (11.07.2011; уріз води, 2), коса Арабатська стрілка: пробні площі: АСР (25.08.2009; уріз води, 3), АСР (21.10.2009; бентос, 3-5, уріз води, 1; зона обсихання 4), (24.03.11; бентос, 5; уріз води, 5), (11.07.2011; бентос, 5, уріз води, 2); 12,5-159‰, рН=6,5-7,2.



Амфібіальний; мезогалінно-ультрагалінний.

Oscillatoriaceae

***Oscillatoria* Vaucher ex Gomont 1892**

39. *Oscillatoria ornata* Kütz. ex Gomont 1892 (= *Phormidium ornatum* (Kütz. ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988): Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 4); 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний (бентос); прісноводно-полігалінний.

Наводиться як прісноводно-мезогалінний (0-14‰) за [202, 215-216], або прісноводний за [140].

З урахуванням даних нашої знахідки ми вважаємо можливим розглядати цей вид як прісноводно-полігалінний.

40. *Oscillatoria salina* Biswas 1926: Бердянська коса: пробна площа БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 1), урочище Тубальський лиман: пробна площа ПП-1 (23.03.11; ґрунти, 1), СА-1 (24.03.11; зона обсихання, 3), (11.07.11; зона обсихання, 2; уріз води, 2), ЖД-1 (24.03.11; уріз води, 2), (11.07.11; уріз води, 2); 12,5-166‰, pH=6,9-9,0.

Амфібіальний; мезогалінно-ультрагалінний (18-50‰ за [190, 201, 223, 311]).

41. *Oscillatoria tenuis* C.Agardh ex Gomont 1892 (= *Phormidium tenue* (C.Agardh ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988): Бердянська коса: пробна площа БРО-5 (22.06.2005; уріз води, 1), гирлова частина р. Корсак: пробна площа СТ-1 (05.07.2011; ґрунти, 2), узбережжя Молочного лиману: пробна площа МЛ-1 (23.03.2011; уріз води, 2), коса Арабатська стрілка: АСК (27.06.05; уріз води, 2), 100-156‰, pH=6,1-9,0.

Амфібіальний, прісноводно-ультрагалінний (ймовірно індиферент: 0-100‰ за [192, 197, 205, 215-219]), β-α.

42. *Oscillatoria* sp. (рис. 4.14)

Бердянська коса: пробна площа БРК-8 (22.06.2005; бентос, 2).

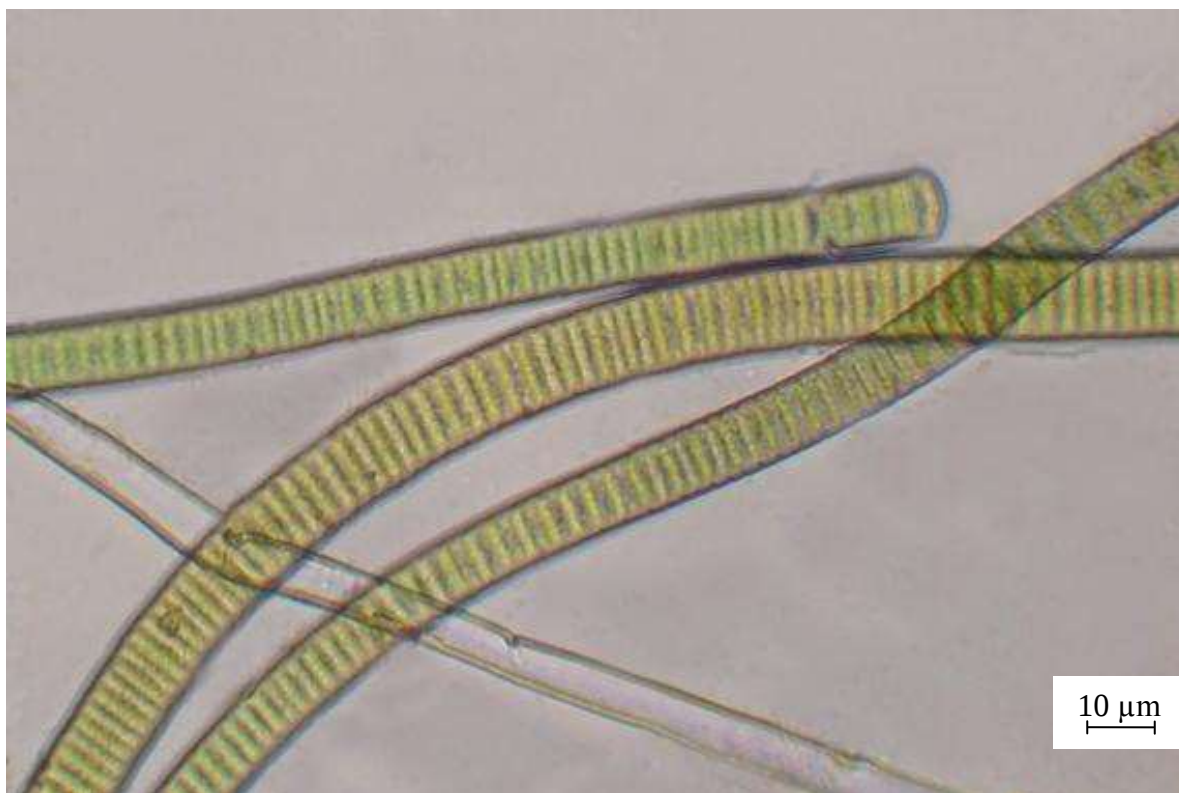


Рис. 4.14. *Oscillatoria* sp. (Cyanoprocarota)

***Lyngbya* C.Agardh ex Gomont 1892**

43. *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841 (рис. 4.15).

: Білосарайська коса: пробні площі: БЛК-1 (18.03.11; бентос, 5; уріз води, 5; ґрунти, 4), (30.06.11; бентос, 5; уріз води, 5; ґрунти, 2), Бердянська коса: пробні площі БРК-1 (23.06.2005; зона обсихання, 5; уріз води, 5, ґрунти, 4-5), (21.03.2011; бентос, 3; уріз води, 4; ґрунти, 4; 30.06.2011; бентос, 5; уріз води, 2-4; ґрунти, 4); БРК-6 (23.06.2005; бентос, 5; ґрунти, 5); БРК-8 (24.06.2005; планктон, 2; бентос, 4-5; уріз води, 5; ґрунти, 5), БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 4-5), БРО-5 (22.06.2005; уріз води, 5, ґрунти, 5), БРМ-10 (24.06.05; ґрунти, 3), БРМ-13 (24.06.05; ґрунти, 5), БРМ-14 (24.06.05; бентос, 5), ОК-1 (06.04.11; бентос, 3; уріз води, 2-5; ґрунти, 5), (05.07.11; бентос, 5; уріз води, 4, ґрунти, 4), гирлова частина р. Корсак: пробна площа СТ-1 (05.07.11; бентос, 5; уріз води, 5), урочище Тубальський лиман: пробні площі ПП-1 (23.03.11; уріз води, 5, ґрунти, 2; зона обсихання, 2; 05.07.11; бентос, 5, уріз води, 5; ґрунти, 4), ПП-5 (23.10.2004, ґрунти, 2), ПП-6 (23.10.2004,

грунти, 3); узбережжя Молочного лиману МЛ-1 (23.03.11; бентос, 5; уріз води, 5; ґрунти, 5), узбережжя Сиваша: пробні площі: СА-1 (24.03.11; зона обсихання, 3; 11.07.11; зона обсихання, 3; уріз води, 5), коса Арабатська стрілка: пробна площа АСР (25.08.09; бентос, 5; уріз води, 5; зона обсихання, 5), (21.10.09; бентос, 5, уріз води, 1), (24.03.11; бентос, 5; уріз води, 5), (11.07.11, бентос, 5; уріз води, 5), пробна площа АСК (27.06.05, бентос, 4; уріз води, 4-5), пробна площа АСО-1 (27.06.05; бентос, 5, зона обсихання, 4, ґрунти, 4); 12,5-169‰, рН=6,5-9,0.



Рис. 4.15. *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841 (Cyanoprocaryota)

Амфібіальний; мезогалінно-ультрагалінний; о.

Гормогонії *Lyngbya aestuarii* виглядають майже ідентичними до трихомів прісноводної водорості *Oscillatoria limosa*, яку інколи помилково наводили для солоних водойм та мокрих солончаків Приазов'я та Причорномор'я.

44. *Lyngbya semiplena* J.Agardh ex Gomont 1892 (рис. 4.16).



Рис. 4.16. *Lyngbya semiplena* J. Agardh ex Gomont 1892 (Cyanoprocarvota)

Білосарайська коса: пробна площа БЛК-1 (30.06.2011; уріз води, 4); БРО-1 (22.06.2005; зона обсихання, 2, ґрунти, 3), гирлова частина р. Корсак: пробна площа СТ-1 (05.07.2011; ґрунти, 2), урочище Тубальський лиман: пробна площа ПП-1 (05.07.2011; ґрунти, 2), коса Арабатська стрілка: пробні площі: АСК (27.06.2005; уріз води, 4), АСО-1 (27.06.2005; зона обсихання, 1; уріз води, 1; ґрунти, 3), 12,5-111,6‰, pH=7,2.

Амфібіальний; мезогалінно-ультрагалінний

Borziaceae

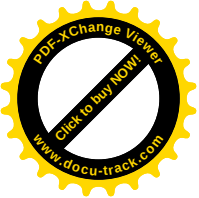
Komvophoron Anagnostidis & Komárek 1988

45. *Komvophoron breve* (N. Carter) Anagn. 2001

Бердянська коса: пробна площа БРК-1 (22.06.2005; ґрунти, 3), Степанівська коса: пробна площа ОЗ-10 (04.05.2010; ґрунти, 3), до 61‰.

Амфібіальний; мезогалінно-ультрагалінний.

За [140] водорість описана з солоних та солонуватих водойм Англії та США. Знайдена нами на солончаках Бердянської та Степанівської кіс.



Знахідка цієї водорості на Степанівській косі підтверджена молекулярно-генетичним аналізом, виконаним групою проф. Т. Фрідла (T. Friedl) університет м. Геттінген, Німеччина (персональне повідомлення).

Borzia Cohn ex Gomont 1892

46. *Borzia* sp. Бердянська коса: пробна площа БРК-8 (22.06.2005; бентос, 1).

Nostocales

Rivulariaceae

Calothrix Agardh ex Bornet et Flahault 1886

47. *Calothrix* cf. *contarenii* (Zanardini) Bornet et Flahault 1886: Бердянська коса: пробна площа БРК-1 (30.06.2011; ґрунти, 1); Молочний лиман: пробна площа МЛ-1 (23.03.2011; ґрунти, 1); узбережжя Сиваша: пробна площа ЖД-1 (24.03.2011; ґрунти, 1); 61-167‰, pH=6,1-9,0.

Ймовірно амфібіальний; еугалінно-ультрагалінний.

Nostocaceae

Anabaena Bory ex Bornet et Flahault 1886

48. *Anabaena contorta* H. Bachm. 1921: Бердянська коса: пробна площа БРК-8 (24.06.2005; ґрунти, 1); 46-62‰; pH=9,0.

Гідрофільний; прісноводно-міксогалінний.

Ймовірно, випадково занесений вид.

49. *Anabaena cylindrica* Lemmerm. 1896: Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 1); 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний; прісноводний (0-0,5‰ [220]), α - β .

Ймовірно, занесений з р. Молочної.

50. *Anabaena cylindrica* f. *marchica* Lemmerm. 1896: Бердянська коса: БРК-1 (23.06.2005; уріз води, 1; ґрунти, 1); 61‰, pH=9,0.

Гідрофільний; прісноводно-олігогалінний.

Ймовірно, занесений з прісноводних біотопів.

51. *Anabaena solicola* N.V. Kondrat. 1959: Бердянська коса: пробні площі: БРК-8 (24.06.2005; уріз води, 1), БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 1), 46-62‰,

pH=9,0.

Наземний (едафотільний); мезогалінно-ультрагалінний.

52. *Anabaena spiroides* Kleb. f. *spiroides*: Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 2), 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний; прісноводно-полігалінний (індиферент); α - β .

Ймовірно, вид занесений із прісноводних зон «цвітіння» р. Молочної.

***Nodularia* Mertens ex Bornet et Flahault 1886**

53. *Nodularia harveyana* (Thw.) Thur. 1875 (Рис. 4.17).



Рис. 4.17. *Nodularia harveyana* Thur. ex Bornet & Flahault 1886 (Cyanoprocarvota)

Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (23.06.2005; зона обсихання, 1, ґрунти, 1), (30.06.2011; ґрунти, 1), БРК-6 (23.06.2005; зона обсихання, 1); БРК-8 (24.06.2005; уріз води, 1), БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 4), БРО-5 (22.06.2005; ґрунти, 2), БРМ-10 (24.06.2005; уріз води, 4); Обіточна коса: пробна площа ОК-1 (05.07.2011; ґрунти, 1), узбережжя Сиваша: пробні площі: СА-1 (11.07.2011; ґрунти, 1), Ч-1 (24.03.2011; ґрунти, 1), (11.07.2011; ґрунти, 1), коса Арабатська стрілка: пробна площа АСК (27.06.2005; бентос,

3; уріз води, 4); 12,5-188‰, pH=6,7-9,0.

Амфібіальний; мезогалінно-ультрагалінний (0,25-82,6‰ за [192, 221-223]); α - β .

54. *Nodularia spumigena* Mert. 1822 *f. spumigena*: Бердянська коса: пробна площа БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 1), урочище Тубальський лиман: пробна площа ПП-1 (23.03.2011; ґрунти, 1), узбережжя Молочного лиману: пробна площа МЛ-1 (23.03.2011; ґрунти, 1), узбережжя Сиваша ЖД-1 (24.03.11; ґрунти, 1); 12,5-188‰, pH=6,1-9,0.

Амфібіальн.; мезогалінно-ультрагалінний (5-18‰ за [192, 224-226]); α - β .

***Trichormus* (Ralfs ex Bornet et Flahault) Komárek et Anagnostidis 1989**

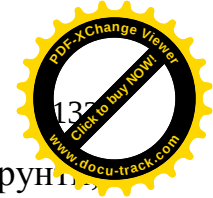
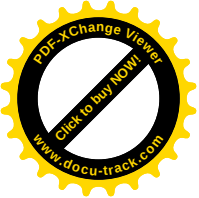
55. *Trichormus ellipsosporus* (F.E. Fritsch) Komárek et Anagn. 1989: Бердянська коса: пробна площа БРК-1 (24.06.2005; уріз води, 1), БРК-8 (24.06.2005; уріз води, 5); 12,5-61‰, pH=9,0.

Амфібіальний; міксогалінно-ультрагалінний (ймовірно індиферент).

56. *Trichormus propinquus* (Setch. et N.L. Gardner) Komárek et Anagn. 1989 (рис. 4.18)



Рис. 4.18. *Trichormus propinquus* (Setch. et N.L.Gardner) Komárek et Anagn. 1989 (Cyanoprocarvota)



Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (23.06.2005; уріз води, 1; ґрунти, 3), БРК-8 (24.06.2005; уріз води, 3; ґрунти, 1), БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 2), БРО-5 (22.06.2005; уріз води, 1); 12,5-62‰, pH=9,0.

Амфібіальний; мезогалінно-ультрагалійний.

57. *Trichormus variabilis* (Kütz. ex Bornet et Flahault) Komárek et Anagn. 1989: Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (23.06.2005; ґрунти, 4; 30.06.2011; зона обсихання, 1; уріз води, 1; ґрунти, 3), БРК-8 (24.06.2005; ґрунти, 2), БРМ-11 (23.06.2005; зона обсихання, 1), коса Арабатська стрілка: пробна площа АСР (27.06.2005; ґрунти, 3), (31.07.2005; уріз води, 5; ґрунти, 3), (21.10.2009; ґрунти, 1), Обіточна коса: пробна площа ОК-1 (06.04.2011; ґрунти, 2), (05.07.2011; ґрунти, 1), урочище Тубальський лиман: ПП-1 (05.07.2011; ґрунти, 1), узбережжя Сиваша: пробна площа Ч-1 (24.03.2011; ґрунти, 1); 30-188‰, pH=6,4-9,0.

Амфібіальний; прісноводно-ультрагалінний (ймовірно індиферент).

За [292] належить до мезогалобних організмів (діапазон резистентності за вмістом солей 5-20‰). Проте, неодноразово відмічена в дуже засолених ґрунтах та за нашими даними зустрічається в діапазоні до 188‰.

З іншого боку, неодноразово відмічалась у рисових чеках (прісні та олігогалінні водойми). Тому, нами далі розглядається як прісноводний-ультрагалінний вид.

Nostoc Vaucher ex Bornet et Flahault 1886

58. *Nostoc commune* Vaucher sensu Elenkin 1949 (рис. 4.19).

Білосарайська коса: БЛК-1 (30.06.2011; ґрунти, 2), узбережжя Сиваша: пробні площі: СА-1 (24.03.2011; ґрунти, 3; 11.07.11; ґрунти, 3), ЖД-1 (24.03.2011; ґрунти, 2; 11.07.2011; ґрунти, 1), коса Арабатська стрілка: пробна площа АСР (25.08.2009; ґрунти, 4; 21.10.2009; ґрунти, 4; 24.03.2011; ґрунти, 4; 11.07.2011; ґрунти, 4); 74,2-159‰, pH=7,2.

Наземний (едафотільний); мікогалінний (0-20‰ за [204, 223-237]).

Кальцефіл. Зазвичай, розвивається на незасолених або слабко засолених ґрунтах. Проте, зберігається у життєздатному фізіологічно неактивному стані

навіть в ультрагалінних умовах.

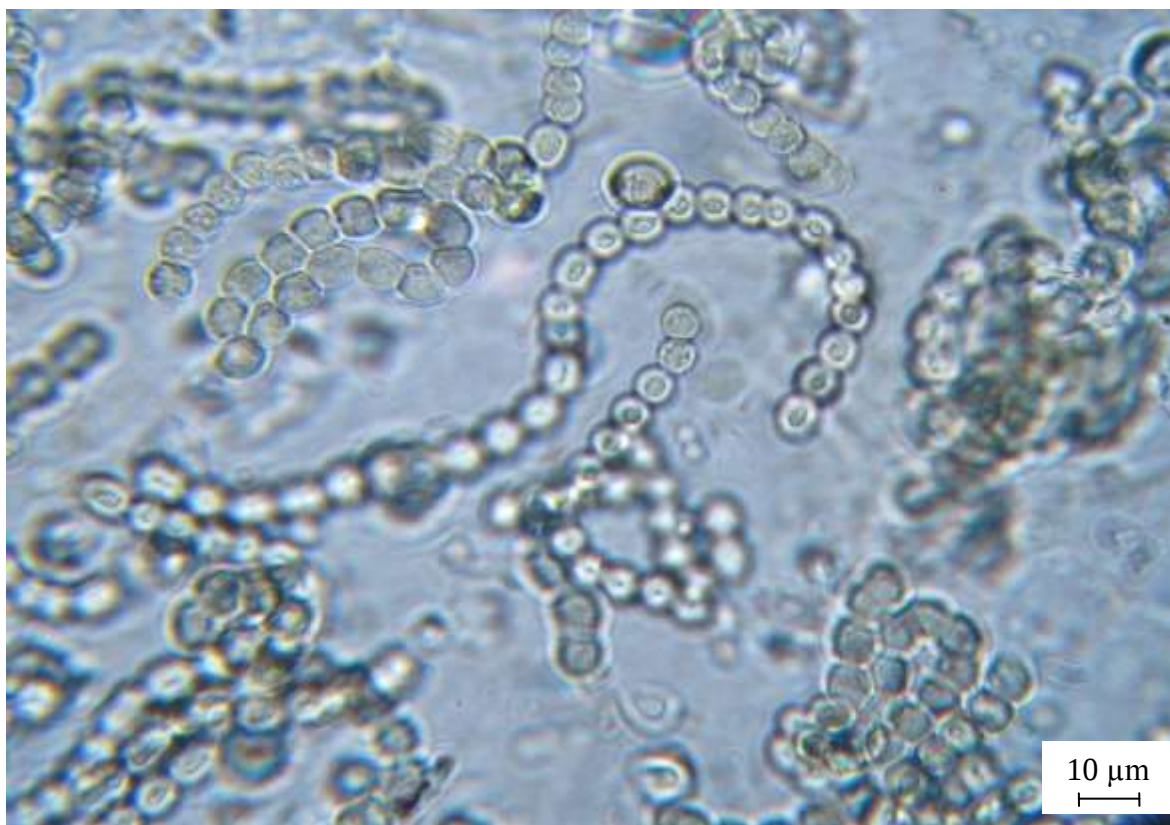


Рис. 4.19. *Nostoc commune* Vaucher sensu Elenkin 1949 (Cyanoprocarvota)

59. *Nostoc cuticulare* Bornet et Flahault 1888: Бердянська коса: пробна площа БРК-8 (24.06.2005; ґрунти, 2); 46‰, рН=9,0.

Ймовірно гідрофільний; прісноводно-мезогалінний (0-14‰ за [182, 202, 227]).

60. *Nostoc edaphicum* N.V. Kondrat. 1962: Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (23.06.2005; уріз води, 1), БРО-5 (22.06.2005; ґрунти, 1); 61‰, рН=9,0.

Наземний; мезогалінно-ультрагалінний.

61. *Nostoc enthophytum* Bornet et Flahault 1888 (рис. 4.20).

Бердянська коса: пробні площі БРК-1 (23.06.2005; зона обсихання, 1, уріз води, 2, ґрунти, 3), БРК-6 (23.06.2005; ґрунти, 2), БРК-8 (24.06.2005; уріз води, 1), БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 4); 12,5-135‰, рН=9,0.

Гідрофільний; β-о.

У позаводних біотопах, зокрема, при пересиханні припиняє ріст, але зберігається у життєздатному фізіологічно неактивному стані навіть в

ультрагалінних умовах. Можливо, галотолерантний.

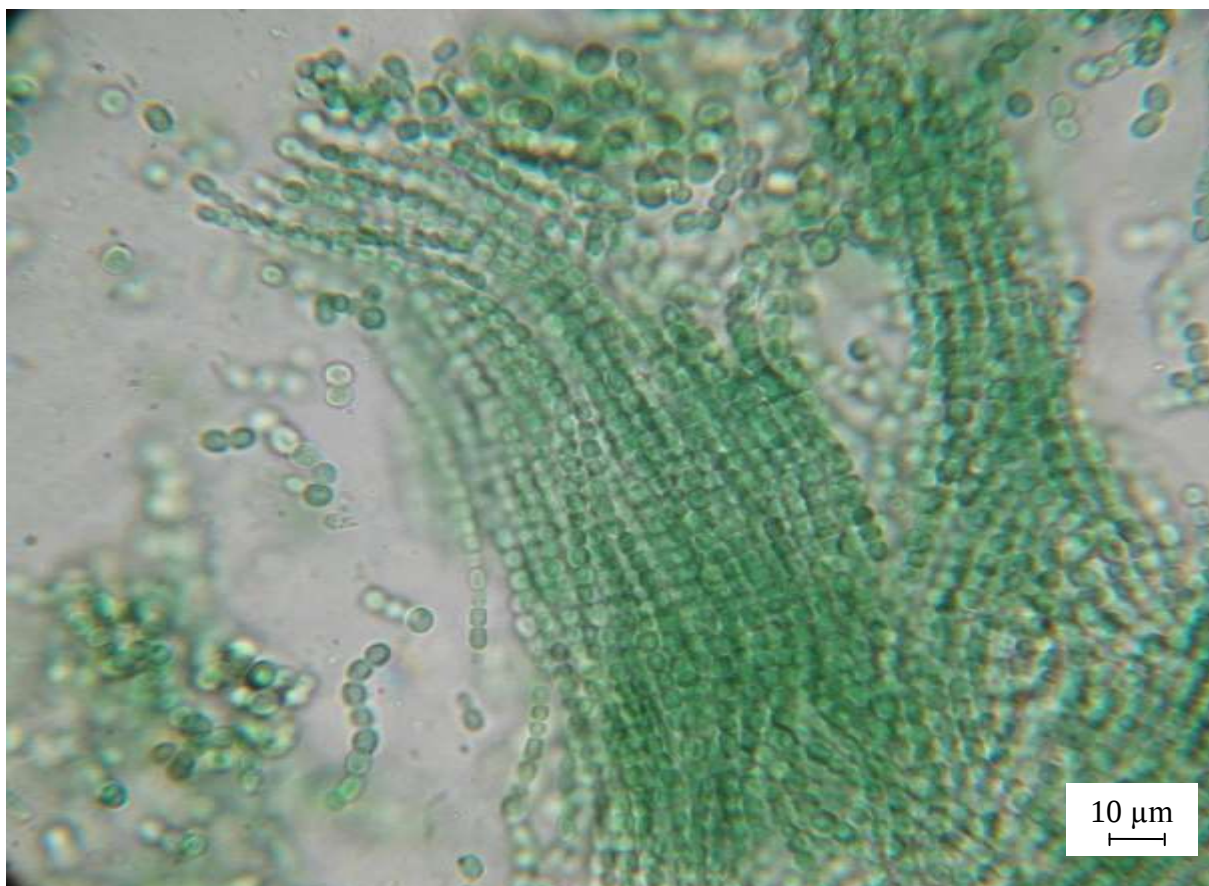


Рис. 4.20. *Nostoc entrophytum* Bornet et Flahault 1888 (Cyanoprocaryota)

62. *Nostoc linckia* (Roth) Bornet et Flahault 1880 (рис. 4.21)

Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (23.06.2005; планктон, 1; 30.06.2011; ґрунти, 1), БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 1), БРО-5 (22.06.2005; ґрунти, 2), узбережжя Молочного лиману: МЛ-1 (23.03.2011; ґрунти, 1), узбережжя Сиваша: пробна площа СА-1 (24.03.2011; ґрунти, 3), (11.07.2011; ґрунти, 1), Ч-1 (24.03.2011; ґрунти, 1; 11.07.2011; ґрунти, 1); 12,5-188‰, рН=6,7-9,0.

Амфібіальний; ймовірно прісноводно-мезогалінний; (0-18‰ за [190, 220, 295, 296]); α - β .

У позаводних біотопах, зокрема, при пересиханні припиняє ріст, але зберігається у життєздатному фізіологічно неактивному стані навіть в ультрагалінних умовах. Можливо, галотолерантний.

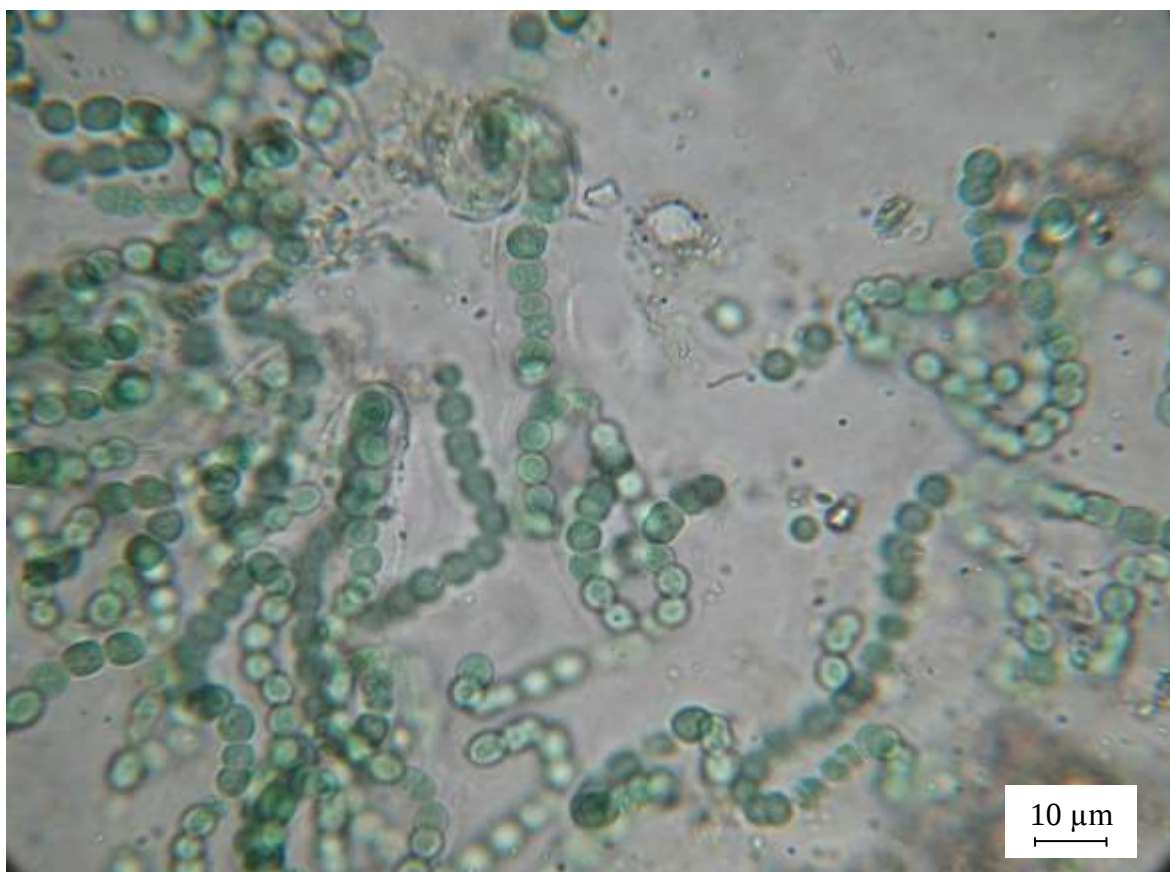


Рис. 4.21. *Nostoc linckia* (Roth) Bornet et Flahault 1880 (Cyanoprocarota)

63. *Nostoc muscorum* C. Agardh 1812: Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (24.06.2005; зона обсихання, 1), БРК-8 (24.06.2005; уріз води, 1), БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 1); 12,5-188‰, рН=9,0.

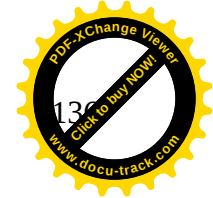
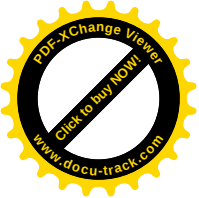
Амфібіальний; ймовірно прісноводно-міксогалінний.

У позаводних біотопах, зокрема, при пересиханні припиняє ріст, але зберігається у життєздатному фізіологічно неактивному стані навіть в ультрагалінних умовах. Можливо, галотолерантний.

64. *Nostoc paludosum* Kütz. ex Bornet et Flahault (1886-1888): Бердянська коса: пробні площі: БРК-8 (24.06.2005; уріз води, 1), БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 2), БРМ-13 (24.06.2005; ґрунти, 3); 12,5-62‰, рН=9,0.

Амфібіальний; ймовірно прісноводно-міксогалінний (0-35‰ за [201, 217].

У позаводних біотопах, зокрема, при пересиханні припиняє ріст, але зберігається у життєздатному фізіологічно неактивному стані навіть в



ультрагалінних умовах. Можливо, галотолерантний.

65. *Nostoc punctiforme* (Kütz.) Har. 1891: Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (23.06.2005; уріз води, 1-2; ґрунти, 2), БРК-8 (24.06.2005; уріз води, 1), БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 1), БРМ-13 (24.06.2005; ґрунти, 3), БРМ-14 (24.06.05; уріз води, 1); 12,5-62‰, pH=7,5-9,0.

Амфібіальний; прісноводно-міксогалінний; β-о.

У позаводних біотопах, зокрема, при пересиханні припиняє ріст, але зберігається у життєздатному фізіологічно неактивному стані навіть в ультрагалінних умовах. Можливо, галотолерантний.

Xanthophyta

Xanthophyceae

Mischococcales

Heterococcaceae

***Heterococcus* Chodat 1907**

66. *Heterococcus cf. akinetos* Lokhorst 1992: коса Арабатська стрілка: АСР (27.06.2005: ґрунти, 3); 135-167‰, pH=9,0.

Наземний (едафотільний).

Bacillariophyta

Coscinodiscophyceae

Melosirales

Melosiraceae

***Melosira* Agardh 1844**

67. *Melosira varians* C. Agardh 1832: Бердянська коса: пробна площа БРК-1 (ґрунти, 1); 61-167‰, pH= 6,7-9,0.

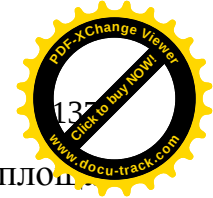
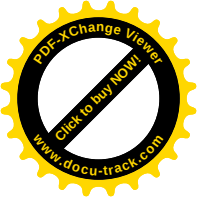
Гідрофільний; прісноводно-мезогалінний (18‰ за [184]); алкаліфіл.

Нами виявлено поодинокі клітини в гіпергалійних умовах. Можливо, занесений з прісноводних біотопів.

Rhizosoleniales

Rhizosoleniaceae

***Rhizosolenia* (Ehrenb.) Bright.**



68. *Rhizosolenia setigera* Brightw. 1858: Бердянська коса: пробна площа БРК-6 (23.06.2005; бентос, 1, планктон, 1), БРО-5 (22.06.2005; уріз води, 1), БРМ-11 (24.06.2005; бентос, 3), Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 1); 30-135‰, pH=7,2.

Гідрофільний; полігалінно-еугалінний.

Є морським видом. За літературними даними зареєстрований у водоймах із солоністю від 1,5 до 37‰. Проте, верхня межа залишилась невстановленою. В експериментах показано, що оптимумом солоності для цього виду становить 24-36‰ [297]. З урахуванням наших даних, діапазон солоності для *Rhizosolenia setigera* складає 1,5-135‰, але, враховуючи зону оптимуму (24-36‰) ми вважаємо цей вид полігалінно-еугалінним.

Fragilariophyceae

Fragilariales

Fragilariaceae

***Fragilaria* Lyngbye 1819**

69. *Fragilaria brevistriata* Grunow 1880: Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 1); 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний; прісноводно-полігалінний; алкаліфіл; о.

***Asterionella* Hassall 1850**

70. *Asterionella formosa* Hassall 1850: Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 1); 24,7‰, pH=7,2; о-β.

Achnanthes

Achnanthes

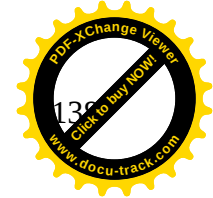
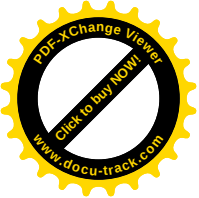
***Achnanthes* Bory 1822**

71. *Achnanthes* sp.: Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97а (07.08.1997; планктон, 2).

Cocconeidaceae

***Cocconeis* Ehrenberg 1838**

72. *Cocconeis placentula* Ehrenb. 1838: узбережжя Сиваша: пробна площа СА-1 (24.03.2011; бентос, 3), Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97



(07.08.1997; планктон, 1); 24,7-144,5‰, pH=6,5-9,0.

Гідрофільний; прісноводно-мезогалінний (0-18‰ за [192, 216, 228-231]); алкаліфіл; α - β [209].

За літературними джерелами наводиться як прісноводно-мезогалінний, проте, за нашими спостереженнями цей вид повсюдно зустрічається також у полігалінно-ультрагалінних умовах як епіфіт на *Cladophora siwaschensis*.

73. *Cocconeis disculus* (Schum.) Cleve: Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 2); 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний; олігогалінно-полігалінний; алкаліфіл; β [293].

Climacospheniales

Climacospheniaceae

***Opephora* Petit 1889**

74. *Opephora marina* (W.Greg) P.Petit 1888: Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97а (07.08.1997; планктон, 2); 26,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний, полігалінний, алкаліфіл.

Naviculales

Diadesmidaceae

***Luticola* Mann in Round et al. 1990**

75. *Luticola mutica* (Kütz.) D.G. Mann in Round et al. 1990: узбережжя Сиваша: пробна площа Ч-1 (11.07.2011; уріз води, 2); 188‰, pH=6,7.

Амфібіальний; олігогалінний (ймовірно індиферент); алкаліфіл; α [293].

Naviculaceae

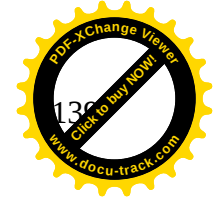
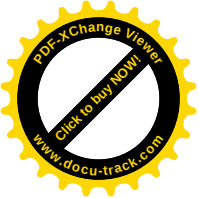
***Navicula* Bory 1826**

76. *Navicula cryptocephala* Kütz. 1844: Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 2); 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний (ймовірно амфібіальний); олігогалінно-ультрагалінний (0-74‰ за [230, 232-236, 293]).

77. *Navicula minima* Grunow in van Heurck 1880: Бердянська коса: пробна площа БРМ-11 (24.06.2005; уріз води, 4); 26,5-35‰, pH=9,0.

Амфібіальний; олігогалінно-еугалінний (0-8‰ за [220, 220-223]);



алкаліфіл; р [293].

78. *Navicula* cf. *halophila* var. *major* Herib. 1903: Бердянська коса: пробні площі: БРК-6 (23.06.2005; планктон, 2), БРО-5 (22.06.2005; уріз води, 1); 87,5-135‰, рН=9,0.

Амфібіальний; мезогалінно-ультрагалінний (0-100‰ [192, 234, 236, 241-243]); алкаліфіл; α .

За [298] вид є критичним у таксономічному відношенні. За Густедтом вид включений до синонімії для *Craticula halophila* (Grunow) D. G. Mann in Round et al. 1990. За розмірами виявлена нами водорість відповідає діагнозу для *Navicula halophila* var. *major* Héribaud 1903, про яку в літературі достовірні відомості щодо виділення її як окремого виду відсутні. Тому, в нашому списку вид позначений як «cf.»

79. *Navicula radiosa* Kütz. 1844: Молочний лиман: пробна площа: ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 2); 24,7‰, рН=7,2.

Амфібіальний; олігогалінно-полігалінний; нейтрофіл; β [293].

80. *Navicula* sp.: урочище Тубальський лиман: пробна площа ПП-4 (23.10.2004, зона обсихання, 1); Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97а (07.08.1997; планктон, 1); 24,7‰, рН=7,2.

Pinnulariaceae

***Pinnularia* Ehrenberg 1840**

81. *Pinnularia* sp.: урочище Тубальський лиман: пробна площа ПП-4 (23.10.2004, зона обсихання, 1).

Pleurosigmaaceae

***Gyrosigma* Hassal 1845**

82. *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh. 1853 (рис. 4.22).

Білосарайська коса БЛК-1 (18.03.2011; уріз води, 3; 30.06.2011; бентос, 2), Бердянська коса: пробна площа: БРК-6 (28.07.2005; планктон, 4), БРО-5 (27.07.2005; уріз води, 1); гирлова частина р. Корсак: пробна площа: СТ-1 (23.03.2011; планктон, 2; 05.07.2011; планктон, 1); узбережжя Сиваша: пробна площа Ч-1 (24.03.2011; зона обсихання, 1; 11.07.2011; зона обсихання,

2, уріз води, 2), коса Арабатська стрілка: пробна площа АСР (11.07.2017, бентос, 1); 26,5-188‰, pH=6,5-9,0.



Рис. 4.22. *Gyrosigma acuminatum* (Kützing) Rabenhorst 1853 (Bacillariophyta),

Гідрофільний; олігогалінно-ультрагалінний; алкаліфіл; α.

По відношенню до фактору солоності цей вид, за літературними даними [190, 218, 219], наводиться як олігогалінно-мезогалінний. Проте, у значній кількості цей вид постійно зустрічається також у еугалінних та ультрагалінних водоймах, утворюючи в деяких випадках макроскопічні розростання на дні солоних озер (наприклад, у Східному басейні Сакського озера). На нашу думку, цей вид слід вважати олігогалінно-ультрагалінним.

83. *Gyrosigma spencerii* (W.Sm) J.W. Griffith et Henfr. 1856: Бердянська коса: пробна площа БРК-6 (28.07.2005; планктон, 2); 12,5-188‰, pH=6,8-7,3.

Гідрофільний; мезогалінно-ультрагалінний.

Stauroneidaceae

***Craticula* Grunow 1868**

84. *Craticula ambigua* (Ehrenb.) D.G.Mann in Round, R.M. Crawford
D.G.Mann 1990: Білосарайська коса: пробна площа БЛК-1 (18.03.2011; бентос, 1, планктон, 3; 30.06.2011; бентос, 3), Бердянська коса БРК-1 (21.03.2011; уріз води, 2), узбережжя Сиваша: пробна площа СТ-1 (23.03.2011; планктон, 3; 05.07.2011; планктон, 3), узбережжя Молочного лиману пробна площа МЛ-1 (23.03.2011; планктон, 3); 45-167‰, pH=6,5-7,2..

Гідрофільний; мезогалінно-ультрагалінний; алкаліфіл; о.

По відношенню до фактору солоності, за літературними даними [232], цей вид наводиться як міксогалінний, що мешкає в діапазоні солоності 4-11‰. Проте, нами він виявлений виключно в ультрагалінних водоймах.

85. *Craticula halophila* (Grunow) D.G.Mann, 1990 (рис. 4.23)

Узбережжя Сиваша: пробні площі Ч-1 (24.03.2011; зона обсихання, 2, уріз води, 2; 11.07.2011; зона обсихання, 2; уріз води, 2), ЖД-1 (24.03.2011; планктон, 3) коса Арабатська стрілка АСР (21.10.2009; бентос, 2); 166-188‰, pH=6,7-6,9.

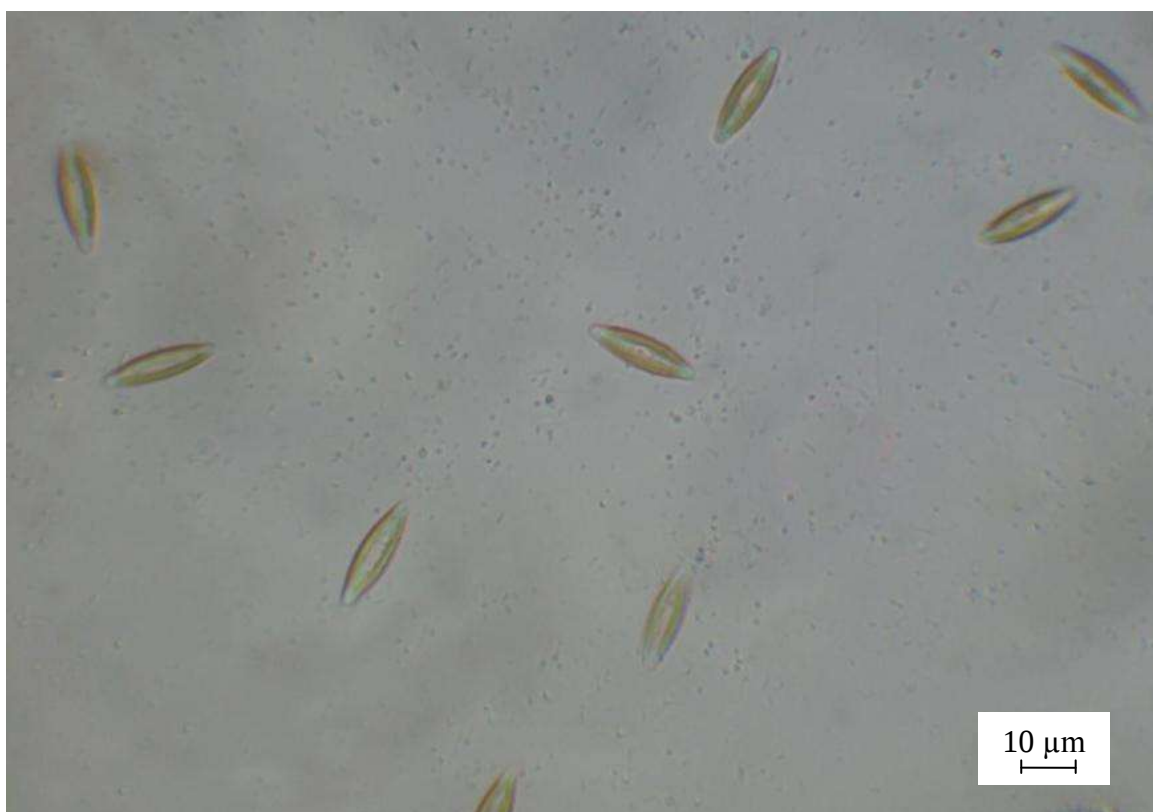


Рис. 4.23. *Craticula halophila* (Grunow) D. G. Mann in Round et al. 1990 (Bacillariophyta)

Гідрофільний, мезогалінно-ультрагалінний; алкаліфіл; α .

За [298], вид є таксономічно гетерогенним. В літературних джерелах під назвою *Craticula halophila* виділяють декілька екотипів, які, ймовірно, є окремими видами. В нашому списку ми наводимо гідрофільний мезогалінно-ультрагалінний екотип, діагноз якого, відповідає *Craticula halophila* (Grun. in V.H.) Mann in Round, Crawf., Mann (Round, Crawford, Mann, 1990).

Cymbellales

Gomphonemataceae

***Gomphonema* (Agardh) Ehrenberg 1831**

86. *Gomphonema longiceps* Ehrenb. 1854: Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 1); 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний; прісноводно-полігалінний.

Thalassiophysales

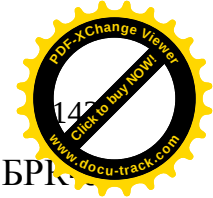
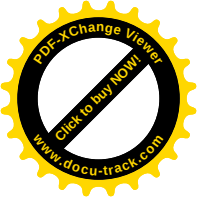
Catenulaceae

***Amphora* Ehrenberg 1840**

87. *Amphora coffeaeformis* (C. Agardh) Kütz. 1844 (рис. 4.24)



Рис. 4.24. *Amphora coffeaeformis* (C. Agardh.) Kütz. 1844 (Bacillariophyta)



Бердянська коса: пробні площі БРК-1 (30.06.2011; планктон, 2), БРК-2 (23.06.2005; бентос, 1, планктон, 2), БРК-8 (24.06.2005; планктон, 1), БРМ-9 (24.06.2005; бентос, 1; уріз води, 1), БРО-5 (22.06.2005; уріз води, 2), БРМ-11 (24.06.2005; зона обсихання, 1; уріз води, 2), БРМ-14 (24.06.2005; уріз води, 1), узбережжя Сиваша: пробні площі: СТ-1 (05.07.2011; планктон, 1; уріз води, 2), СА-1 (24.03.2011; зона обсихання, 3; 11.07.2011; зона обсихання, 3); урочище Тубальський лиман: пробні площі ПП-1 (23.03.2011; уріз води, 2; 05.07.2011; уріз води, 4; ґрунти, 1), ПП-5 (23.10.2004, ґрунти, 1); узбережжя Сиваша: пробна площа: Ч-1 (24.03.2011; зона обсихання, 1; 11.07.11; зона обсихання, 1, уріз води, 1), узбережжя Молочного лиману: пробна площа МЛ-1 (23.03.2011; планктон, 3); 46-188‰, рН=6,1-9,0.

Гідрофільний; мезогалінно-ультрагалінний; алкаліфіл; α .

88. *Amphora ovalis* Kütz. 1844: Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 1); 24,7‰, рН=7,2.

Амфібіальний; мезогалінно-полігалінний; алкаліфіл; α - β .

По відношенню до фактору солоності, за літературними даними цей вид наводиться як мезогалінний, що мешкає в діапазоні солоності 4-18‰ [192, 221, 232], або як полігалінний [293].

Bacillariales

Bacillariaceae

***Hantzschia* Grunow 1877**

89. *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow in Cleve et Grunow 1880 (рис. 4.25).

Бердянська коса: пробні площі БРК-1 (21.03.2011; бентос, 1; 30.06.2011; планктон, 1), БРО-5 (22.06.2005; ґрунти, 1), БРМ-10 (24.06.05; уріз води, 1), БРМ-11 (24.06.2005; зона обсихання, 2), БРМ-13 (24.06.05; ґрунти, 1), БРМ-14 (24.06.2005, уріз води, 2), Білосарайська коса: пробна площа: БЛК 1 (30.06.11; ґрунти, 1), узбережжя Сиваша: пробні площі СА-1 (24.03.2011; бентос, 1, уріз води, 2), Ч-1 (24.03.2011; зона обсихання, 1; 11.07.2011, зона обсихання, 2, ґрунти, 1); 31,5-167‰, рН=7,2.



Рис. 4.25. *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow in Cleve et Grunow 1880 (Bacillariophyta)

Амфібіальний; ймовірно олігогалінно-еугалінний; індиферент за відношенням до рН; α .

За відношенням до факторів солоності та реакції середовища вид характеризується широкою екологічною амплітудою [293]. Зустрічається як у водних, так і у позаводних біотопах, хоча тяжіє до наземних умов [129, 138].

***Nitzschia* Hassal 1845**

90. *Nitzschia* cf. *filiformis* (W.Sm.) Schutt 1896 (рис. 4.26).

Білосарайська коса: пробна площа БЛК-1 (18.03.2011: бентос, 1, планктон, 2), Бердянська коса: пробна площа БРК-1 (21.03.2011; уріз води, 1), Обіточна коса: пробна площа ОК-1 (05.07.2011; планктон, 2), урочище Тубальський лиман ПП-1 (23.03.2011; зона обсихання, 4, уріз води, 2; 05.07.2011; уріз води, 4), узбережжя Молочного лиману: пробна площа МЛ-1 (23.03.2011; бентос, 3), узбережжя Сиваша: пробна площа СА-1 (24.03.2011; бентос, 2, уріз води, 3), коса Арабатська стрілка: пробна площа АСР

(21.10.2009; бентос, 1); 45-169‰, pH=6,5-7,2.

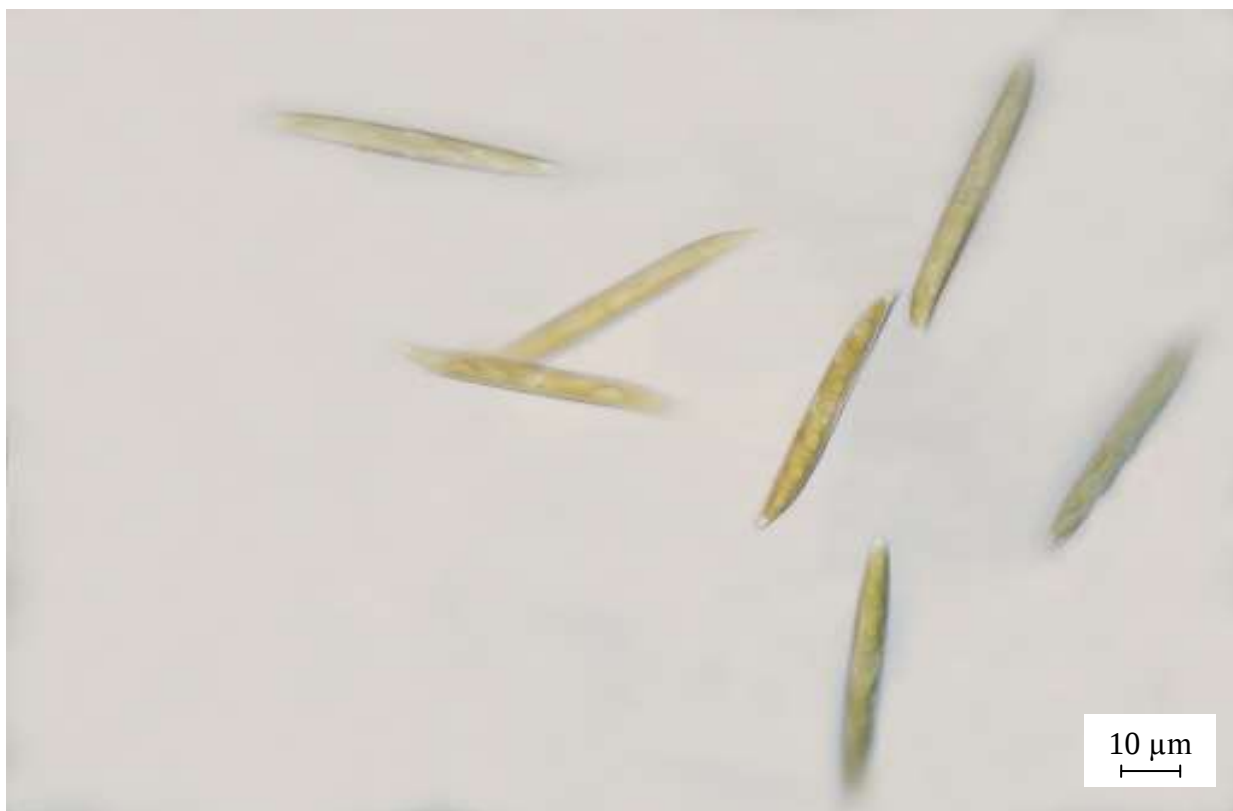
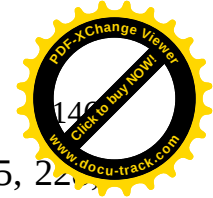
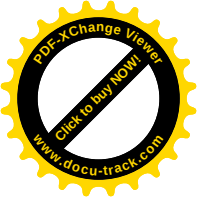


Рис. 4.26. *Nitzschia* cf. *filiformis* (W.Sm.) F.Schütt 1896 (Bacillariophyta)

Гідрофільний; ультрагалінний (ймовірно індиферент).

Виявлені нами локальні популяції за діагностичними ознаками повністю відповідають діагнозу *Nitzschia filiformis* [298], але відрізняються екологічними характеристиками. За літературними даними, вид зазначений як прісноводно-мезогалінний, що трапляється в водоймах з солоністю від 0 до 9‰ [193, 205, 211, 239]. Проте, цей вид нами виявлено лише в ультрагалінних водоймах в діапазоні солоності 45-169‰. Таким чином, цей вид має або широкий діапазон солоності, або прісноводно-мезогалінний та ультрагалінний екотипи є таксонами-двійниками. Оскільки між цими екотипами наявний гіатус в діапазоні від 9 до 45‰, ми схилиємось до другої точки зору і наводимо цей вид як *Nitzschia* cf. *filiformis* (рис. Б.21).

91. *Nitzschia sigmoidea* (Ehrenb.) W. Sm.: Бердянська коса: пробна площа БРО-5 (22.06.2005; уріз води, 1), узбережжя Сиваша: пробна площа Ч-1 (24.03.2011; зона обсихання, 3, уріз води, 1; 11.07.2011; зона обсихання, 3, уріз води, 1); до 188‰, pH=6,7.



Гідрофільний; прісноводно-ультрагалінний (?) (0-74‰ за [163, 215, 229, 229, 199, 213, 217, 219, 220, 221]); алкаліфіл; α - β [293].

За [293] даний вид по відношенню до солоності зазначений як олігогалооб-індиферент.

Surirellales

Surirellaceae Kützing 1844

***Surirella* Turpin 1828**

92. *Surirella* sp.: Бердянська коса: пробна площа БРО-5 (5 (22.06.2005; планктон, 1); коса Арабатська стрілка: пробна площа АСО-1 (27.06.2005; бентос, 1); 26,5‰; pH 9,0.

Dinophyta

Dinophyceae

Prorocentrales

Prorocentraceae

***Prorocentrum* Ehrenberg 1833**

93. *Prorocentrum micans* Ehrenb. 1833: Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 2); 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний; мезогалінно-еугалінний (10-90‰ [186, 190, 221, 247, 297]); pH=7,5-8,6.

За літературними даними зустрічається в діапазоні від 10 до 90‰. Проте, за спостереженнями червоних приливів та за експериментальними даними оптимум солоності – 17,5-31‰, тому ми розглядаємо цей вид як морський мезогалінно-еугалінний.

94. *Prorocentrum cordatum* (Ostenf.) J. D. Dodge 1975: Молочний лиман: пробна площа: ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 1); 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний, мезогалінно-еугалінний (12,6-35‰ за [192, 221, 295, 296, 300]).

Cryptophyta

Cryptophyceae

Cryptomonadales

Cryptomonadaceae

Rhodomonas Karsten 1898

95. *Rhodomonas stigmatica* (Wislouch) D.R.A. Hill 1991 (= *Cryptomonas stigmatica* Wislouch 1924) (рис. 4.27)

Бердянська коса: пробні площі: БРК-6 (23.06.2005; бентос, 4), БРК-8 (24.06.2005; бентос, 2; планктон, 2), БРО-5 (22.06.2005 уріз води, 5); 46-135‰, pH=9,0.

Гідрофільний.

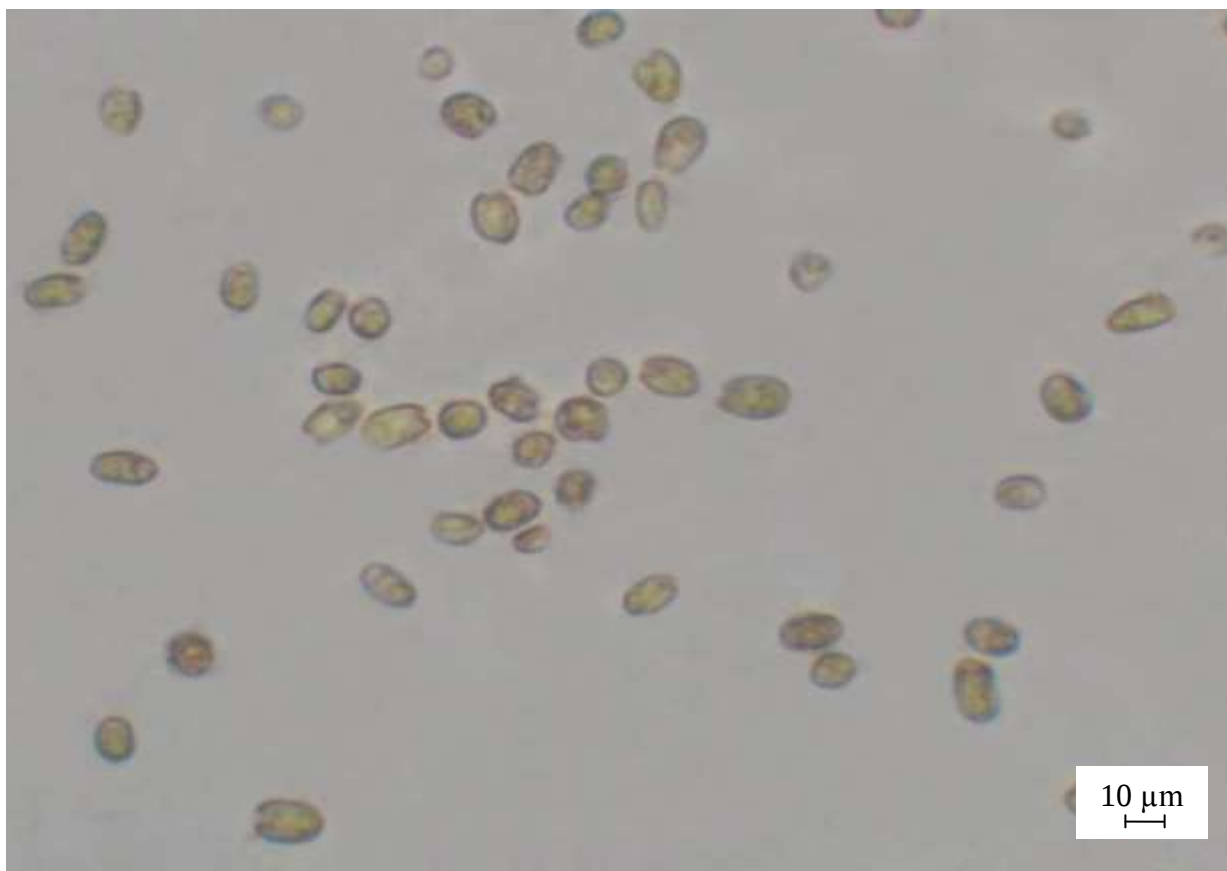


Рис. 4.27. *Rhodomonas stigmatica* (Wislouch) D.R.A. Hill 1991 (Cryptophyta)

Rhodophyta

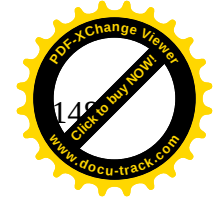
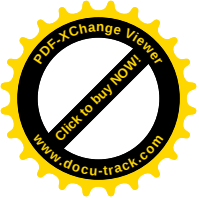
Floridiophyceae

Acrochaetiales

Acrochaetiaceae

Kylinia Roenvigne 1909

96. *Kylinia virgatula* (Harvey) Parenf. 1947: Молочний лиман: пробна



площа: ОЗ-97а (07.08.1997; планктон, 3); 24,7‰, pH=7,2.

Ceramiales

Ceramiaceae

***Callithamnion* Lyngb. 1819**

97. *Callithamnion corymbosum* (Sm.) Lyngb. 1819: Молочний лиман: пробна площа: ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 1); 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний (морський); мезогалінно-еугалінний [301].

***Ceramium* Roth 1797**

98. *Ceramium rubrum* auct. W.R.Krauss 1846: Білосарайська коса: БЛК-1 (18.03.2011; бентос, 2), (30.06.2011; бентос, 2); Молочний лиман пробна площа ОЗ-97а (07.08.1997, планктон, 1-2); 24,7–74‰, pH=6,5-7,2.

Гідрофільний (морський); мезогалінно-еугалінний [301].

За нашими даними може витримувати засолення до 74‰.

99. *Ceramium diaphanum* (Lightf.) Roth 1846: Молочний лиман: ОЗ-97 (07.08.1997, планктон, 2); ОЗ-97а (07.08.1997, планктон, 1); 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний (морський); мезогалінно-еугалінний [301].

100. *Ceramium strictum* Grev. et Harv. 1846: Молочний лиман: ОЗ-97а (07.08.1997, планктон, 3), 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний; мезогалінно-еугалінний.

Rhodomelaceae

***Polysiphonia* Grev. 1824**

101. *Polysiphonia subulifera* (C. Agardh) Harv. 1834: Молочний лиман: ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 1); 24,7‰; pH=7,2.

Гідрофільний; полігалінно-еугалінний.

Chlorophyta

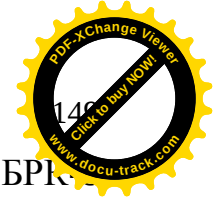
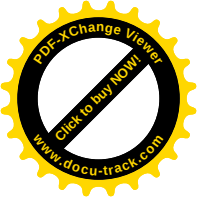
Chlorophyceae

Volvocales

Dunaliellaceae

***Dunaliella* Teodorescu 1905**

102. *Dunaliella salina* (Dunal) Teodor. 1905: Бердянська коса: пробні



площі: БРК-1 (30.06.2011; планктон, 3), БРК-6 (23.06.2005; бентос, 2), БРК-7 (24.06.2005; планктон, 5), БРМ-9 (24.06.05; планктон, 3), коса Арабатська стрілка: пробна площа АСР (31.07.05; планктон, 5; 25.08.2009; планктон, 5; уріз води, 4; 21.10.2009; планктон, 5; 24.03.2011; планктон, 1; уріз води, 1; 11.07.2011; планктон, 5; уріз води, 5); 46-169‰, pH=6,7-9,0.

Гідрофільний; ультрагалінний (60-120‰ [21]).

За Н.П. Масюк [21], трапляється у водоймах з концентрацією солей від 30‰ та вище, при цьому оптимум солоності знаходиться в діапазоні 60-120‰ (рис. Б.23).

103. *Dunaliella viridis* Teodor. 1905: Бердянська коса: пробна площа БРК-6 (28.07.2005; планктон, 5, уріз води 4), Обіточна коса: пробна площа ОК-1 (06.04.2011; планктон, 5; уріз води, 4; ґрунти, 3; 05.07.2011; планктон, 5, уріз води, 5); 87,5-169‰, pH=6,8-7,3.

Гідрофільний; ультрагалінний (18‰ за [192]).

За Масюк, трапляється у водоймах з концентрацією солей від 30‰ та вище. Оптимум солоності знаходиться в діапазоні 60-80‰.

Asteromonadaceae

***Asteromonas* Artari 1913**

104. *Asteromonas gracilis* Artari 1913: коса Арабатська стрілка: АСР (31.07.2005; планктон, 4; 25.08.2009; планктон, 5; 21.10.2009; планктон, 5; 24.03.2011; планктон, 2; 11.07.2011; планктон, 5; уріз води, 5); 135-167‰, pH=6,6-7,3.

Гідрофільний; ультрагалінний.

За Ven-Amotz, росте в діапазоні 29-263‰. Проте, оптимум знаходиться в діапазоні 87-200‰, що цілком узгоджується з нашими даними.

Chlamidomonadaceae

***Palmellopsis* Korschikov 1953**

105. *Palmellopsis* cf. *gelatinosa* Korschikov 1953: Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (23.06.2005; зона обсихання, 2), БРО-5 (22.06.2005; ґрунти, 2); 61, 2‰, pH=9,0.

Ймовірно амфібіальний; ймовірно ультрагалінний.

Морфотип відомий під назвою *Palmellopsis gelatinosa* являє собою збірну групу різноманітних хламідомонад молекулярної класи Reinhardinia. Ця група є критичною в таксономічному відношенні і тому надати екологічну характеристику таксону, що має даний морфотип наразі неможливо. Єдине, що може бути включено до екологічної характеристики – це здатність представників хламідомонад з даної молекулярної класи рости як у водних, так і в позаводних біотопах. Наразі штами хламідомонад секції Reinhardinia з ультрагалінних біотопів невідомі.

Heterochlamydomonadaceae

***Heterotetracystis* Cox et Deason 1968**

106. *Heterotetracystis intermedia* Ed.R. Cox et Deason 1968 (рис. 4.28).

АСР (27.06.05; уріз води, 2; ґрунти, 3);

Едафотільний

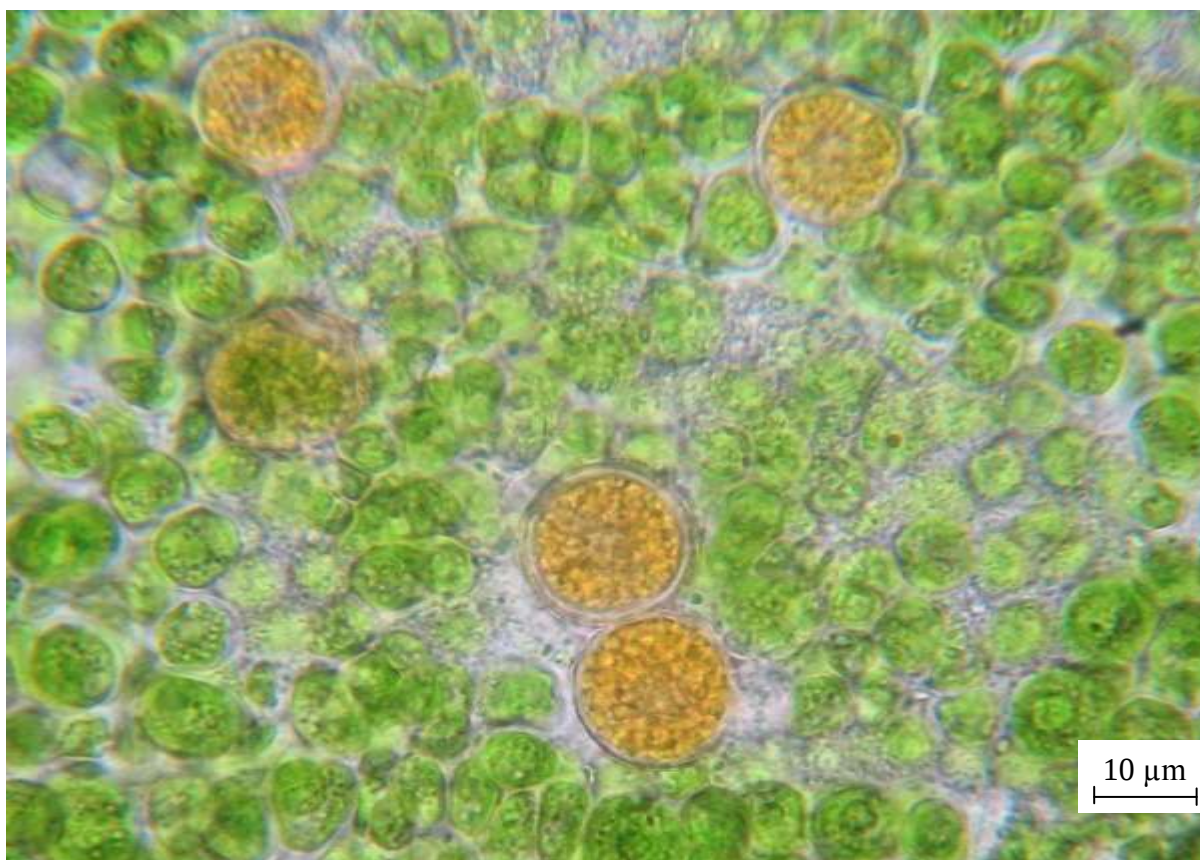
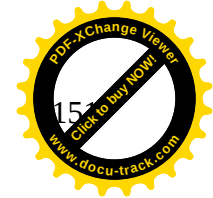
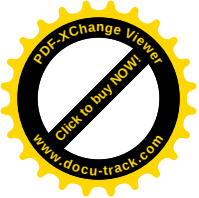


Рис. 4.28. *Heterotetracystis intermedia* Ed.R.Cox & Deason 1968 (Chlorophyta)



Scenedesmales

Bracteacoccaceae

Pseudomuriella

107. *Pseudomuriella engadinensis* (Kol & Chodat) Fucikova, Rada & L. A. Lewis 2011 (= *Bracteacoccus engadinensis* (Kol & Chodat) R.C. Starr 1955): Бердянська коса: пробні площі: BPM-10 (24.06.2005; уріз води, 1; BPM-11 (24.06.2005; уріз води, 1); 26,5-35‰, pH=9,0.

Едафофільний.

Наша культура була ідентична до штаму АСКУ 1022, виділеного з засолених приморських ґрунтів Кінбурнської коси.

Oocystaceae

Oocystis A. Braun 1855

108. *Oocystis submarina* Lagerh.: Бердянська коса: пробні площі: БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 2), БРО-5 (22.06.2005; ґрунти, 2); 12,5‰, pH=9,0.

Гідрофільний; олігогалінно-ультрагалінний, β [293].

За даними С.С. Барінової [292] наводиться як індіферент до фактору солоності. Проте, достовірні знахідки цього виду у континентальних водоймах (включаючи Україну) стосується водойм з дещо підвищеною мінералізацією. За нашими даними, масово [171] розвивався у планктоні Східного Сиваша при солоності 11-21‰. Відмічений нами як один з домінантів у Сакському лікувальному озері. Тому, ми наводимо цей вид як олігогалінно-ультрагалінний, який, як виняток, здатний розвиватись у прісних водоймах.

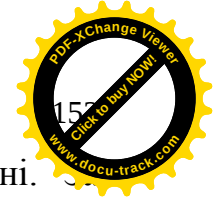
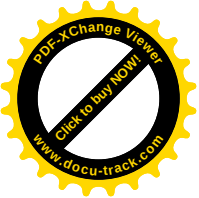
Scenedesmaceae

Desmodesmus (R.Chodat) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald 1999

109. *Desmodesmus* cf. *abundans* (Kirchn.) E. Hegewald 2000: урочище Тубальський лиман: пробна площа: ПП-1 (23.03.2011; ґрунти, 1), узбережжя Сиваша: СА-1 (11.07.2011; ґрунти, 1); 55-159‰, pH=6,1-6,8.

Ймовірно амфібіальний, ймовірно еугалінно-ультрагалінний.

Знайдені нами представники за морфологією відповідали діагнозу



Desmodesmus abundans, але відрізнялись в екологічному відношенні. літературними даними *Desmodesmus abundans* є прісновидним видом [192, 248, 249], який мешкає в діапазоні солоності 0-0,5‰. Проте, також відома інформація про знахідки цього виду в засоленому середовищі. Зокрема, водорість відмічена на приморських солончаках узбережжя Азовського моря [302], а також у періодично пересихаючих водоймах Індії, де солоність під час пересихання становить 32‰ [303].

Можливо, морфотип, який відомий як *Desmodesmus abundans* включає або два різні екотипи-прісноводний та галофільний, або представлений видами-двійниками. Наші знахідки стосуються галофільного екотипу, тому ми наводимо нашу знахідку як *Desmodesmus* cf. *abundans* і відносимо її до групи ймовірних амфібіальних та еугалінно-ультрагалінних водоростей.

Chlorococcales

Chlorococcaceae

***Pseudospongiococcum* Gromov et Mamkaeva 1974**

110. *Pseudospongiococcum protococcoides* B.V. Gromov et Mamkaeva 1974
(рис. 4.29)

Коса Арабатська стрілка: пробна площа: АСК (26.06.2005; ґрунти, 4).

Ймовірно амфібіальний; ймовірно мезогалінно – ультрагалінний.

Знайдений нами вид нагадував *Pseudospongiococcum protococcoides*, який був описаний Б.В. Громовим та К.А. Мамкаєвою [304] з ґрунтів берега соленого озера в околицях м. Севастополя. Крім того, знайдена нами водорість була досить схожа ще на три види, які представляють критичну у таксономічному відношенні групу: а) *Chlorella fusca* Shih. et W.R. Krauss var. *vacuolata* Shih. et W.R. Krauss (= *Graesiella vacuolata* (Shih. et W.R. Krauss) Kalina et Punčoch.); б) *Chlorella emersonii* Shih. et W.R. Krauss (= *Graesiella emersonii* (Shih. et W.R. Krauss) Kalina et Punčoch.); в) *Chlorella fusca* var. *rubescens* (P.J.L. Dangeard) Kessler et al. (= *Halochlorella rubescens* Dang., = *Chlorella emersonii* Shih. et W.R. Krauss var. *rubescens* (P.J.L. Dangeard) Fott et al., = *Scenedesmus rubescens* (P.J.L. Dangeard) E.E. Kessler et al.).

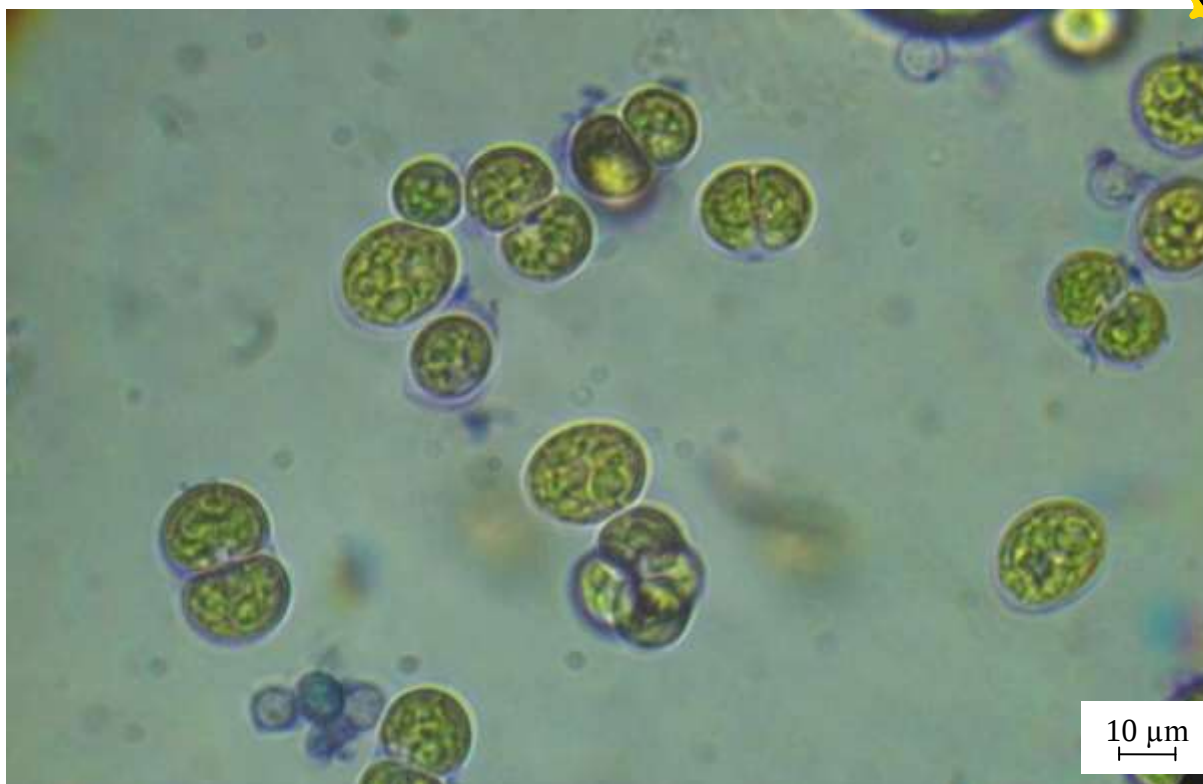


Рис. 4.29. *Pseudospongiococcum protococcoides* Gromov et Mamkaeva 1974 (Chlorophyta)

За типом хлоропласту (парієтально-сітчастий) водорість, виявлена нами на Арабатській стрілці, більше відповідала опису *Pseudospongiococcum protococcoides*. Цей вид, автентичний штам якого (CALU 221) був нещодавно секвенований за ядерною послідовністю 18S rDNA, є близьким, проте не ідентичним до *Chlorella vacuolata* та *Chlorella emersonii*, які за [305] належать до молекулярної класи «*Graesiella*». *Pseudospongiococcum protococcoides* за геном 18S rDNA також потрапляє до цієї класи (Е. Челібеева, С. Скребовська, персональне повідомлення). Таким чином, виявлена нами водорість, ідентифікована як *Pseudospongiococcum protococcoides*, ймовірно є третім видом, який разом з *Graesiella vacuolata* та *Graesiella emersonii*, складає рід *Graesiella* Kalina et Punchocharova. В межах цього роду лише так званий *Pseudospongiococcum protococcoides* є галофільним видом (солоність водойми, на березі якого цей вид був виявлений нами, складала 65‰). Таким чином, обидві знахідки *Pseudospongiococcum protococcoides* пов'язані з засоленими ґрунтами амфібіальних біотопів. Інші два види

представляють групу досить поширених у різних ґрунтах водоростей, як проте, в засолених ґрунтах достовірно не виявлені. Тому нами *Pseudospongiococcum protococcoides* розглядається як можливо амфібіальний вид, для якого верхня відома межа толерантності до вмісту солей складає не менше 65‰. Умовно ми відносимо цей вид до мезогалінно-ультрагалінної групи.

Trebouxiophyceae

Trebouxiales

Desmococcaceae

***Diplosphaera* Bialosuknia 1909**

111. *Diplosphaera chodatii* Bial. 1909 emend. Vischer 1960 (рис. 4.30)

Бердянська коса: пробна площа БРК-1 (30.06.2011; ґрунти, 3), узбережжя Сиваша: пробна площа: СА-1 (11.07.11; ґрунти, 3); 142-159‰-ґрунта, рН=6,7.

Наземний [172, 250].

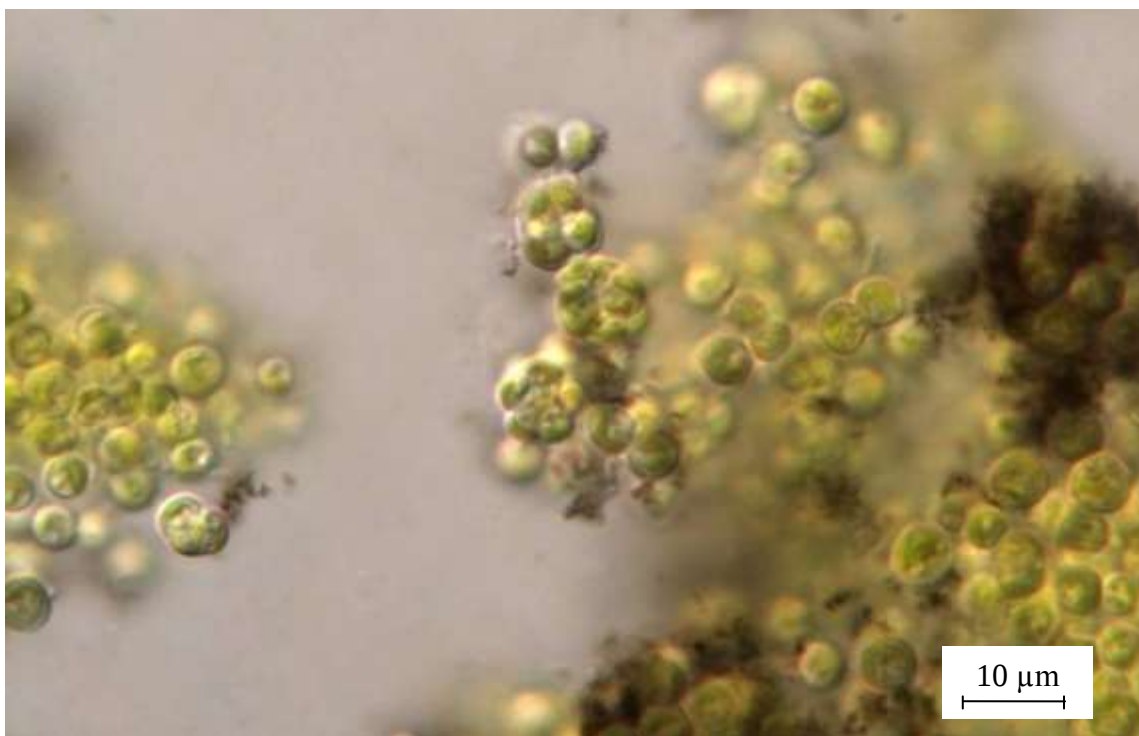
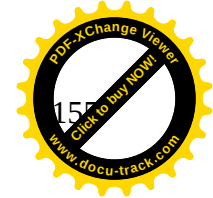
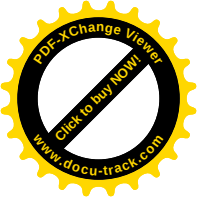


Рис. 4.30. *Diplosphaera cf. chodatii* Bialosuknia 1909 emend. Vischer (Chlorophyta) (галофільний ізолят з мулових сульфідних пелоїдів) в культурі на агаризованому середовищі 3N BBM



Chlorellales

Chlorellaceae

Chlorella Beijerinck 1890

112. *Chlorella vulgaris* Beij. 1890: Бердянська коса: пробні площі: БРК-1 (23.06.2005; ґрунти, 2), БРО-5 (22.06.2005; ґрунти, 2), БРМ-11 (24.06.2005; уріз води, 1), БРМ-13 (24.06.2005; ґрунти, 2), БРМ-14 (24.06.2005; уріз води, 1); 35-61‰, pH=9,0.

Амфібіальний; еугалінно-ультрагалінний [138, 174, 250, 308].

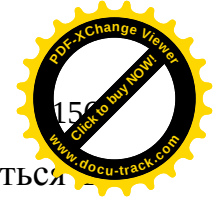
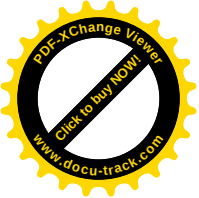
В наявній літературі інформація щодо відношення до фактору солоності цього виду не надається, тому віднесення виду до еугалінно-ультрагалінного здійснено за оригінальними даними.

Nannochloris Naumann 1921

113. *Nannochloris* cf. *eucaryotum* (Whilhelm, Eisenbeis, Wild & R. Zahn) Menzel et Wild 1989: Бердянська коса: БРК-1 (23.06.2005; зона обсихання, 2), БРО-1 (22.06.2005; ґрунти, 1), БРО-5 (22.06.2005; ґрунти, 1), БРМ-10 (24.06.2005; уріз води, 2), БРМ-13 (24.06.2005; ґрунти, 1-2), БРМ-14 (24.06.2005; уріз води, 1); 12,5-61‰, pH=7,5-9,0.

Амфібіальний, ймовірно мезогалінно-еугалінний.

Ізоляти отримані нами з різних засолених місцезростань узбережжя Азовського моря відповідали за наявністю брунькування, утворенням коротких ланцюжків клітин, морфологією протопласту та розмірами діагнозу роду *Nannochloris*. Відповідність наших ізолятів роду *Nannochloris* була підтверджена їх порівнянням із п'ятьма різними штамми цього роду з колекції АСКУ, з яких два (АСКУ 626-06 та АСКУ 627-06), які є субкультурами автентичних штамів *Nannochloris eucaryotum* та *Nannochloris normandianae* Tschermak-Woess 1981. Методами мікроскопії провести видову ідентифікацію представників критичного в систематичному відношенні роду *Nannochloris* неможливо й розмежування може бути здійснено лише за екологічними особливостями. В роді *Nannochloris* з галофільних екосистем описаний та підтверджений лише *Nannochloris eucaryotum*. За цим критерієм



ми припускаємо, що саме цей вид, з високою ймовірністю, розвивається в засолених екосистемах узбережжя Азовського моря.

В українських та світових флорах ключи та описи для ідентифікації не лише видів, але й самого роду *Nannochloris* наразі відсутні. За морфологічними ознаками види роду *Nannochloris* за винятком брунькування морфологічно практично не відрізняються від *Chlorella minutissima* Fott et Nováková 1969 та *Mychonastes homosphaera* (Skuja) Kalina et Punčochářová 1987. Заслужує на увагу, що *Chlorella minutissima* та *Mychonastes homosphaera* в ряді джерел наводились для засолених біотопів Причорномор'я, Приазов'я, а також Ізраїлю та Індії. Проте, в жодному випадку, належність виявлених ізолятів до *Chlorella minutissima* та *Mychonastes homosphaera* не підтверджена. Ми припускаємо, що ці відомості можуть стосуватись галофільного представника роду *Nannochloris*, який може бути тотожним до виявлених нами. До 32‰, pH=6,9 за [303].

За літературними даними вид знайдений в степових ґрунтах Зауралля та північного Приазов'я, на приморських солончаках узбережжя Азовського моря [129, 250, 307]. Проте, відомі знахідки цієї водорості в пікопланктоні мезогалінного озера Кінерет (Ізраїль) [308].

Sphaeropleales

Radiococcaceae

***Coenochloris* Korschikov 1953**

114. *Coenochloris* sp.: Бердянська коса: БРК-1 (23.06.2005; зона обсихання, 2); 61‰, pH=9,0.

Codiolales

Ulotrichaceae

***Ulothrix* Kützing 1836**

115. *Ulothrix flacca* (Dillwyn) Thur.: Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 2); 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний; морський полігалінно-еугалінний (33,4-33,8‰ за [251, 301]).

116. *Ulothrix zonata* (Weber et D. Mohr) Kütz. 1833: Білосарайська коса: пробна площа БЛК-1 (18.03.2011; уріз води, 1), (30.06.2011; уріз води, 1), урочище Тубальський лиман ПП-1 (23.03.2011; бентос, 5); 45-74,2‰, pH=6,0-7,2.

Гідрофільний; прісноводно- ультрагалінний (індиферент), о-α [292].

Ulvophyceae

Cladophorales

Cladophoraceae

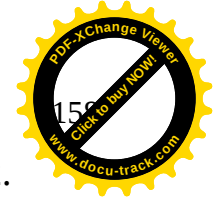
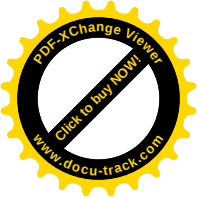
***Cladophora* Kütz**

117. *Cladophora siwaschensis* K.I. Mey 1922 (рис. 4.31)



Рис. 4.31. *Cladophora siwaschensis* K.I. Mey. 1922 (Chlorophyta)

Білосарайська коса: пробна площа БЛК-1 (18.03.2011; бентос, 5, уріз води, 5; 30.06.2011; бентос, 5, уріз води, 5, ґрунти, 3), Бердянська коса: пробна площа БРК-1 (21.03.2011; бентос, 4, уріз води, 3; 30.06.2011; бентос, 4, уріз води, 4), Обіточна коса: пробна площа ОК-1 (06.04.2011; бентос, 4, планктон, 1, уріз води, 1; 05.07.2011; бентос, 5; уріз води, 5), узбережжя



Сиваша ЖД-1 (24.03.2011; бентос, 3, планктон, 5); 45-169‰; pH=6,5-7,2.

Гідрофільний, полігалінно-ультрагалінний (18-178,8‰ за [180, 301]).

Ulvales

Ulvaceae

***Ulva* L.**

118. *Ulva compressa* L. 1753 (= *Enteromorpha compressa* (L.) Nees 1820): Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; бентос, 4), ОЗ-97а (07.08.1997; бентос, 4); 16-24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний; морський, полігалінно-еугалінний.

119. *Ulva flexuosa* Wulfen 1803 (= *Enteromorpha flexuosa* (Wulfen.) J.Agardh 1883): Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 3); 24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний; морський, полігалінно-еугалінний.

120. *Ulva intestinalis* L. 1753 (= *Enteromorpha intestinalis* L.) Nees 1820): Молочний лиман: пробні площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 1); ОЗ-97а (07.08.1997; бентос, 2); 16-24,7‰, pH=7,2.

Гідрофільний; морський, полігалінно-еугалінний.

121. *Ulva linza* L. 1753 (= *Enteromorpha ahlnneriana* (Bliding) 1933): Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97а (07.08.1997; бентос, 2); 16-24,7‰; pH=7,2.

Гідрофільний; морський, полігалінно-еугалінний.

122. *Ulva maeotica* (Proshkina-Lavrenko) P. Tsarenko in Burova et al. 2011 (= *Enteromorpha maeotica* Pr.-Lavr. 1945): Білосарайська коса: БЛК-1 (18.03.2011; бентос; 30.06.2011; бентос), Молочний лиман: пробна площа ОЗ-97 (07.08.1997; планктон, 1), 24,7-74,2‰; pH=6,5-7,2.

Гідрофільний; морський, полігалінно-еугалінний, ймовірно ультрагалінний ендемічний вид для Азовського моря.

Kornmaniaceae

***Pseudendoclonium* Wille 1900**

123. *Pseudendoclonium* sp. (рис. 4.32).

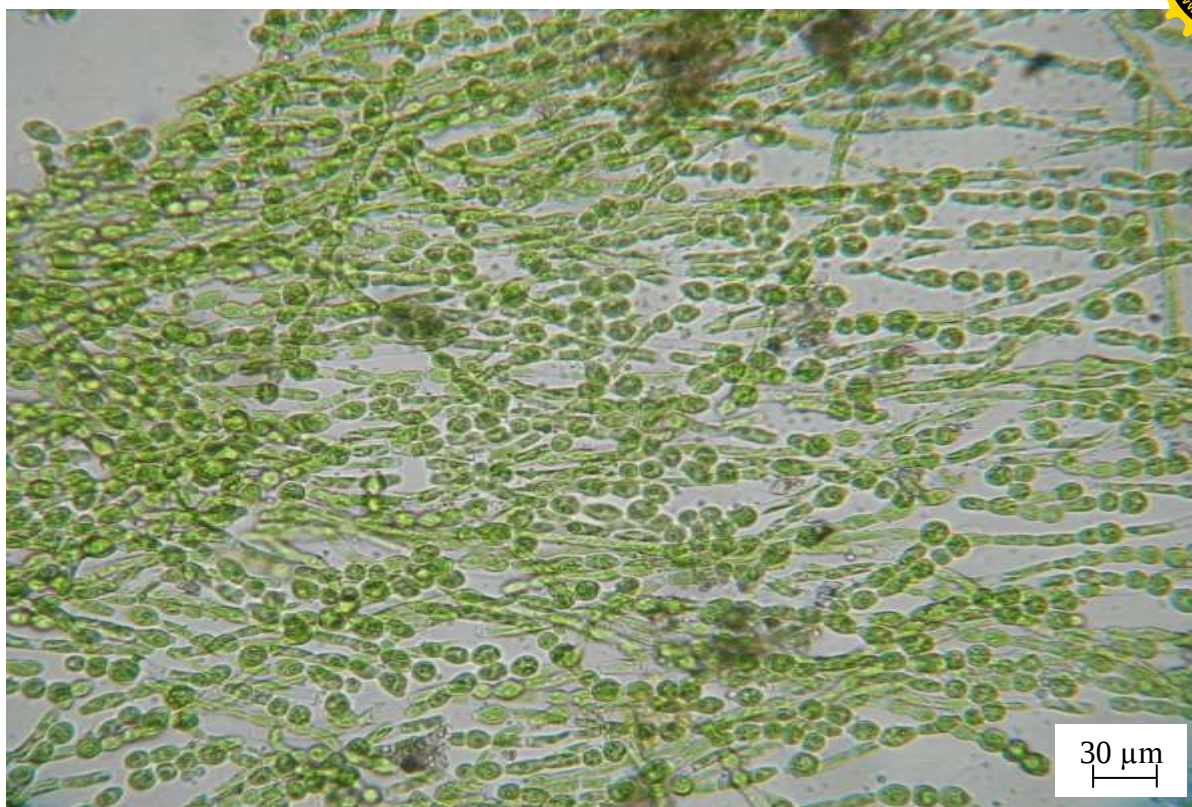


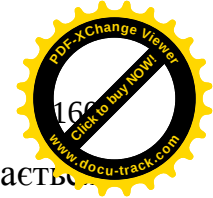
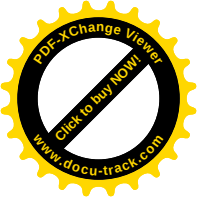
Рис. 4.32. *Pseudendoclonium* sp. (Chlorophyta)

Бердянська коса: пробні площі БРК-1 (21.03.2011, ґрунти, 1); БРО-1 (22.06.2005, ґрунти, 1); БРО-5 (22.06.2005, ґрунти, 1); БРМ-10 (24.06.2005, ґрунти, 1); БРМ-13 (24.06.2005, ґрунти, 1); БРМ-14 (24.06.2005, ґрунти, 1); узбережжя Сиваша: пробні площі СА-1 (11.07.11, ґрунти, 1); ЖД-1 (24.03.2011, ґрунти, 1-3); коса Арабатська стрілка: пробна площа АСР (31.07.05, ґрунти, 4); рН=6,7-9,0.

Наземний; олігогалінно-полігалінний; алкаліфіл.

Знайдена нами водорість морфологічно нагадувала *Pseudendoclonium printzii* та *Dilabifilum arthropyreniae*, проте, є ряд відхилень від описів цих видів [309]. Штам цієї водорості виділений С.О. Яровим (АСКУ 140-02) був вивчений по відношенню галотолерантності та рН в умовах ґрунтових та агаризованих культур [182], а також секвенований за послідовністю 18S rDNA професором Т.Фрідлом.

В умовах культури росте при концентрації солей 77,2-2632,7 мг/100 г ґрунту, що відповідає ґрунтам слабкого та середнього засолення та

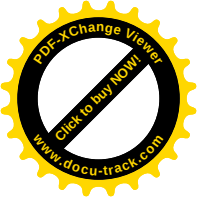


належності водорості до олігогалінно-полігалінної групи. Добре розвивається в діапазоні рН (6,7)-7,8-8,6-(8,8), тобто є помірним алкаліфілом. За інформацією Т. Фрідла (персональне повідомлення) за послідовністю 18S rDNA схожий, але не ідентичний до *Pseudendoclonium printzii*. Таким чином, на нашу думку, та думку Т. Фрідла, цей таксон може розглядатись як новий для науки вид, який в подальшому підлягає опису.

4.3. Угрупування водоростей досліджених полігонів

Родовища мулових сульфідних пелоїдів Приазов'я завжди топологічно пов'язані з водоймами з підвищеною солоністю. Це дає підстави стверджувати, що формування пелоїдів відбувається в умовах, які за О.М. Виноградовою [310], вважаються для водоростей екстремальними. Частково це припущення підтверджується характером водоростевих угруповань досліджених полігонів – водорості в місцях формування пелоїдів зазвичай розвиваються масово, утворюючи макроскопічні розростання [169]. Проте, за винятком окремих випадків, такі водоростеві угруповання є монодомінантними – за чисельністю та біомасою абсолютно переважає лише один вид. При прямому мікроскопіюванні в пробах таких розростань, крім виду-домінанту, виявляються й інші види, але їх кількісні показники кількісного розвитку (зокрема, відносна чисельність, поширеність, а для макрофітів – і біомаса) є значно меншими, порівняно з едифікатором, що утворює розростання. Це дає підстави розглядати водоростеві угруповання родовищ мулових сульфідних пелоїдів на домінантній основі.

Макроскопічні розростання чи прояви масового розвитку (наприклад, «цвітіння» ропи) конкретного виду здебільшого спостерігаються в певній зоні родовища – у товщі води, на дні, по урізу води, на ґрунті в зоні обсихання водойми чи на засолених ґрунтах навколо водойми. Тому при розгляді водоростевих угруповань домінантний підхід може бути деталізований за топологічним принципом. При цьому, назву водоростевого угруповання зручно подавати за видом-домінантом із вказівкою його



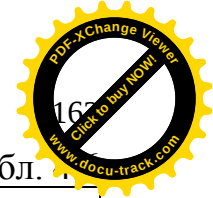
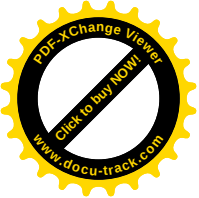
топологічної прив'язки до певної структурної частини родовища. Такий підхід не є «суворим» з геоботанічного погляду, проте дає змогу описати просторову організацію водоростевої біоти родовища за альгоугрупованнями й виявити зв'язки між водоростевим компонентом і типом родовища та характеристикою пелоїду.

Загалом у результаті обстежень на 21 полігоні в межах дослідженої території протягом 1997-2011 р.р. було виділені 19 угруповань водоростей (табл. 4.6). Виявлені угруповання репрезентують біотопи двох основних і двох проміжних груп. До основних груп належать: а) гідрофільні угруповання (бентосні та планктонні), розміщені у водній товщі; б) наземні (терестріальні) угруповання, що спостерігаються по берегах водойм на засоленому ґрунті, який не затоплюється під час підвищення рівня вод у водоймі. До проміжних груп належать, по-перше, нагінні угруповання по урізу води, де скупчуються водорості, ресуспендовані переважно з бентосу; по-друге, угруповання зони обсихання водойми, які розвиваються в наземних умовах у той період, коли водойма частково (а інколи повністю) пересихає. Можна очікувати, що угруповання по урізу води будуть виявляти риси, які більшою мірою притаманні угрупованням гідрофільних водоростей, тоді як угруповання зони обсихання повинні мати більше амфібіальних рис.

Таблиця 4.6

Відповідність певних домінантів альгоугруповань і пелоїдів на полігонах дослідження

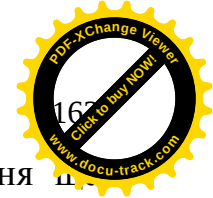
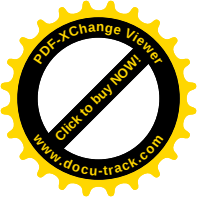
Полігон	Домінант, тип угруповання	Колір пелоїдів	Вміст сульфідів на сиру речовину пелоїду, %	Солоність води, при якій виявлено альгоугруповання, ‰
1, 2б, 3а, 4в, 5, 6, 10, 13, 17, 19, 21	<i>Lyngbya aestuarii</i> , бентосне угруповання	Чорні	0,15-0,68	12,5-169
1, 2а, 2б, 3б, 5, 6, 10, 13, 14, 17, 19	<i>Lyngbya aestuarii</i> , угруповання по урізу води		0,15-0,68	45-167
2а, 17, 21	<i>Lyngbya aestuarii</i> , угруповання зони обсихання		0,14-0,68	—
4а	<i>Chondrocystis sarcinoides</i> , бентосне угруповання		0,22-0,27	26,5-35



Продовж. табл. 1

Полігон	Домінант, тип угруповання	Колір пелоїдів	Вміст сульфідів на сиру речовину пелоїду, %	Солоність води, при якій виявлено альгоугруповання, ‰
4a	<i>Chondrocystis sarcinoides</i> , угруповання зони обсихання		0,22	—
4a	<i>Merismopedia glauca</i> , бентосне угруповання		0,22	12,5-26,5
20	<i>Schizothrix calcicola</i> , бентосне угруповання		0,12	76
2б, 17	<i>Dunaliella salina</i> , планктонне угруповання		0,36-0,68	46-167
3a	<i>Hydrocoleum cf. homoeotrichum</i> , угруповання зони обсихання		0,1	—
1, 2a, 5	<i>Cladophora siwaschensis</i> , угруповання по урізу води	Темно-сірі	0,02-0,36	45-169
1, 2a, 5	<i>Cladophora siwaschensis</i> , бентосне угруповання	Сірі	0,02-0,06	45-169
10	<i>Nitzschia cf. filiformis</i> , угруповання зони обсихання		0,03-0,06	—
2б, 3a, 3б, 4б, 5, 10, 13, 21	<i>Lyngbya aestuarii</i> , угруповання підвищених незатоплюваних ділянок	Пелоїдів немає	< 0,02	—
11a, 11б	<i>Ulva compressa</i> , бентосне угруповання			16,0-24,7
11a	<i>Oscillatoria ornata</i> , планктонне угруповання			24,7
3a, 4a	<i>Nodularia harveyana</i> , угруповання підвищених незатоплюваних ділянок			—
17	<i>Pseudospongiococcum protococcoides</i> , угруповання підвищених незатоплюваних ділянок			—
19	<i>Nostoc commune</i> , угруповання підвищених незатоплюваних ділянок			—
17	<i>Pseudendoclonium</i> sp., угруповання підвищених незатоплюваних ділянок			—

Загалом, на досліджених полігонах, за домінантно-топологічним принципом нами було виділені альгоугруповання, з яких вісім типів є гідрофільними угрупованнями (шість типів бентосних і два типи



планктонних), п'ять типів – суто наземних угруповань. Угрупування з шести типів належать до категорії проміжних: два типи – по урізу води та чотири типи – зони обсихання (табл. 4.6). Усі угруповання мають монодомінантний характер, і в них за чисельністю чи біомасою абсолютно переважає лише один вид водоростей.

Характеристика виявлених угруповань наводиться нижче.

Бентосне угруповання з домінуванням *Lyngbya aestuarii*

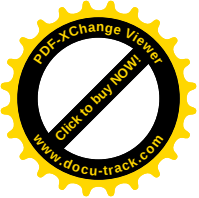
Угрупування виявлено на полігонах дослідження Арабатської стрілки (АСР, АСК, АСО-1), на Білосарайській (пробна площа БЛК-1), Бердянській (БРК-6, БРО-1, БРМ-13, БРМ-14), Обіточній (ОК-1) косах, узбережжі Молочного лиману (МЛ-1), в урочищі Тубальський лиман (ПП-1) і в гирловій частині р. Корсак (СТ-1).

Домінантом угруповання є ціанопрокаріота *Lyngbya aestuarii*, яка утворювала макроскопічні розростання на дні зазначених водойм. Розростання являло собою ослизлу суцільну плівку, що вкривала дно водойм. Колір змінювався від жовто-зеленого до чорно-зеленого залежно від режиму зволоження, засолення та супутніх видів, що були складниками розростання.

Безпосередньо сам вид *Lyngbya aestuarii* траплявся по всьому північно-західному узбережжю Азовського моря, в різних біотопах у досить широкому діапазоні солоності (від 12,5 до 169‰) та значень рН – від слабкокислої до слабколужної реакції (від 6,5 до 9,0). При значних сезонних коливаннях рівня води макроскопічне водоростеве розростання зберігалось навіть під час повного пересихання водойм, наприклад, на пробній площі АСР на Арабатській стрільці.

У деяких випадках *Lyngbya aestuarii* утворювала монодомінантні розростання (пробна площа СТ-1 – гирло р. Корсак, пробна площа БРО-1 – оголовок Бердянської коси, пробна площа БРМ-14 – урочище Макорти, Бердянська коса), які являли собою суцільну ослизлу плівку на дні водойми від світло-зеленого до темно-зеленого кольорів 2-3 мм завтовшки.

У ході дослідження фіксувалося багато випадків, коли складниками



макроскопічного розростання була значна кількість інших видів водоростей, які розвивалися, досягаючи різного ступеня рясності, та могли виступати як субдомінанти. Загалом із зазначеним угрупованням співвідносяться 24 види водоростей, тому за цим показником воно є найбільш різноманітним серед усіх бентосних водоростевих угруповань полігонів дослідження.

Зважаючи на те, що водоростеві розростання з домінуванням *Lyngbya aestuarii* в межах певних полігонів дослідження виявлені в різних біотопах (бентос, уріз води, зона обсихання, ґрунти), можна стверджувати, що представлене угруповання має амфібіальний характер і вказує на несталий гідрологічний режим досліджуваних водойм.

На деяких пробних площах (БЛК-1, АСР, АСК) розростання *Lyngbya aestuarii* було виявлено у водоймі, а на прилеглих підвищених незатоплюваних ділянках не спостерігалось, що свідчить про автохтонне для бентосу походження угруповання.

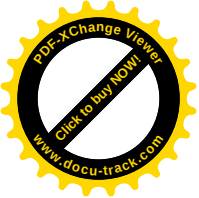
Під макроскопічними розростаннями цього угруповання на всіх полігонах дослідження у водоймах був виявлений чорний сульфідний пелоїд.

На Арабатській стрільці (пробні площі АСР, АСО-1) *Lyngbya aestuarii* траплялася в бентосі разом з іншими представниками відділу Cyanoprocarota – *Microcoleus chthonoplastes* та *Leptolyngbya boryana*, які за шкалою відносної рясності мали значення «достатньо багато» та «багато».

Бентосне угруповання на пробній площі АСК (коса Арабатська стрілка) являло собою полігональне макроскопічне розростання жовто-зеленого кольору із синьо-зеленими тріщинами по периметру.

Складниками угруповання, крім *Lyngbya aestuarii*, є також *Nodularia harveyana*, *Schizothrix coriacea*, *Planktolyngbya* cf. *limnetica*, бали яких за шкалою рясності не перевищують значення «достатньо багато». Під розростанням знаходиться чорний муловий пелоїд із характерним запахом сірководню.

На пробній площі БРК-6 полігону 2б, крім *Lyngbya aestuarii*, виявлено криптофітову водорість *Rhodomonas stigmatica*. В урочищі Тубальський



лиман (пробна площа ПП-1 полігону 10) субдомінантами макроскопічного розростання *Lyngbya aestuarii* були *Microcoleus chthonoplastes* та *Ulothrix zonata*. Біомаса макроскопічного розростання становить 25-55 г/м².

На пробних площах Білосарайської (БЛК-1) та Обіточної (ОК-1) кіс було виявлено бентосне розростання *Lyngbya aestuarii*, на якому масово розвивалася зелена водорість *Cladophora siwaschensis*.

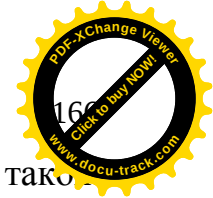
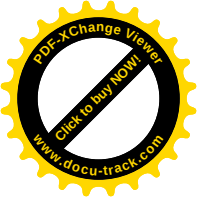
Угрупування по урізу води з домінуванням *Lyngbya aestuarii*

Зазначене угруповання трапляється по урізу води майже на всіх полігонах від Білосарайської коси до узбережжя озера Сиваш. Домінантом є ціанопрокаріота *Lyngbya aestuarii*, яка утворює макроскопічні розростання у вигляді плівки завтовшки 2-3 мм. Залежно від умов зволоження колір розростання змінюється від темно-зеленого до чорного. Плівка в період активної вегетації ослизла, суцільна, легко відділяється від субстрату суцільними клаптиками.

Існування цього угруповання по урізу води, ймовірно, пов'язане з розвитком аналогічних бентосних угруповань у межах відповідних полігонів, де едифікатором також є водорість *Lyngbya aestuarii*. Цей вид у період надходження води до водойми інтенсивно розвивається на дні, формуючи макроскопічні бентосні розростання.

Lyngbya aestuarii – амфібіальний вид, здатний існувати в умовах несталого гідрологічного режиму та масово розвиватися по урізу води. Угрупування в зазначеному біотопі, вірогідно, виникло внаслідок продовження розвитку бентосного розростання чи окремих гормогоній, які переносяться з дна до урізу води, де є всі умови для їхнього існування, а саме: субстрат, зволоження, відповідний температурний, сольовий і світловий режим тощо.

У разі пересихання водойми водоростеве розростання по урізу води зневоднюється, але може зберігатися в активно вегетуючому стані досить довгий період. При обводненні відновлюється розвиток як бентосного угруповання, так і угруповання по урізу води. Встановлено, що при



обводненні окремі гормогонії чи фрагменти розростання по урізу води, також можуть потрапляти у зворотному напрямі до дна водойми.

Походження угруповання по урізу води має алохтонний характер.

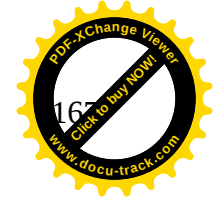
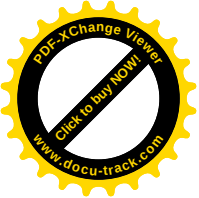
Під розростанням спостерігається шар чорного мулового сірководневого пелоїду. Треба зауважити, що потужність пелоїду по урізу води водойм полігонів дослідження є дещо меншою порівняно з шаром на дні водойми.

Угруповання виявлено на Білосарайській (полігон 1, пробна площа БЛК-1), Бердянській (полігон 2а, пробна площа БРК-1, полігон 2б, пробні площі БРК-6, БРК-8, полігон 3б, пробна площа БРО-5) та Обіточній косах (полігон 5, пробна площа ОК-1), у гирлі р. Корсак (полігон 6, пробна площа СТ-1), в урочищі Тубальський лиман (полігон 10, пробна площа ПП-1), на узбережжі Молочного лиману (полігон 13, пробна площа МЛ-1), на узбережжі Сиваша (полігон 14, пробна площа СА-1, полігон 17, пробна площа АСР, полігон 19, пробна площа АСК). Солоність водойм, в яких розвивалося розростання, становить від 45 до 167‰, рН — від 6,5 до 9,0.

На Білосарайській та Обіточній косах *Lyngbya aestuarii* разом із субдомінантом *Microcoleus chthonoplastes* утворює макроскопічне розростання темно-зеленого кольору. Проективне покриття розростання на Білосарайській косі становить 70-80%. У товщі плівчастого розростання та на його поверхні є супутні види, які за шкалою відносної рясності мають значення від «поодинокі» до «достатньо багато»: *Ulothrix zonata*, *Gyrosigma acuminatum*, *Lyngbya semiplena*.

На Обіточній косі, по урізу води, виявлено водоростеву масу, яка виноситься з водойми та накопичується у вигляді суцільної «смуги» зеленого кольору.

На Бердянській косі *Lyngbya aestuarii* утворювала макроскопічні розростання на чотирьох пробних площах: БРК-1, БРК-6, БРК-8, БРО-5. На першій і другій пробних площах водоростеве розростання мало зелений колір і являло собою нагін із дна водойми. Субдомінантом угруповання є криптофітова та зелена водорості, водорості *Rhodomonas stigmatica* та



Dunaliella viridis.

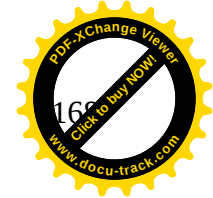
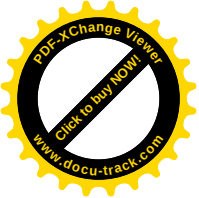
На пробній площі БРК-8 угруповання було представлене макроскопічними водоростевими розростаннями оливково-зеленого кольору. Складником першого розростання є діатомея *Hantzschia amphioxys*, другого — *Nostoc entophyllum*, *N. linckia* f. *muscorum*, *Nodularia harveyana*, виявлені в невеликій кількості.

Крім того, в межах цієї пробної площі, по урізу води зафіксовано водоростеве розростання червоно-фіолетового кольору з едифікатором *Lyngbya aestuarii* та субдомінантом *Trichormus ellipsosporus*. Складниками угруповання є *Trichormus propinquus*, *Nostoc paludosum*, *N. entophyllum*, *N. punctiforme*, *Leptolyngbya perelegans*, *Anabaena solicola*, *Pseudanabaena mucicola*.

На пробній площі БРО-5 виявлено угруповання з макроскопічними водоростевими розростаннями сірого кольору (проективне покриття – 60%). Субдомінанти представлені двома видами: *Leptolyngbya komarovii* та *Rhodomonas stigmatica*. До угруповання входять види, яким за шкалою відносної рясності відповідають значення «поодинокі» та «нечисленні»: *Nitzschia sigmaidea*, *Amphora coffeaeformis*, *Gyrosigma acuminatum*, *Navicula* cf. *halophila* var. *major*, *Rhizosolenia setigera*, *Trichormus propinquus*, *Oscillatoria tenuis*, *Spirulina major*, *Gomphosphaeria salina*.

В урочищі Тубальський лиман альгоугруповання представлені плямистими дисперсними водоростевими розростаннями темно-зеленого кольору. До угруповання входили діатомеї *Amphora coffeaeformis*, *Nitzschia* cf. *filiformis*, виявлені в товщі та на поверхні макроскопічного розростання. У місцях розвитку розростання наявний чорний сульфідний пелоїд, де немає розростань, – пелоїд сірий.

Угруповання на узбережжі Молочного лиману утворюють макроскопічні водоростеві розростання темно-зеленого кольору. Субдомінантом на зазначеному полігоні є *Leptolyngbya nostocorum*, як нечисленні за шкалою відносної рясності представлені види водоростей



Oscillatoria tenuis, *Pseudanabaena limnetica*.

Макроскопічні водоростеві розростання темно-зеленого кольору були зафіксовані й на узбережжі Сиваша. Субдомінантом у межах цього полігону є ціанопрокаріота *Porphyrosiphon luteus*. Нечисленними за балами відносної рясності є інші п'ять видів, з яких три – гомоцитні ціанопрокаріоти (*Leptolyngbya nostocorum*, *Leptolyngbya tenuis*, *Oscillatoria salina*) та дві – діатомові (*Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia cf. filiformis*).

На Арабатській стрільці по урізу води угруповання утворювало водоростеві макроскопічні розростання від жовтого-зеленого кольору до чорного. Складниками угруповання на Арабатській стрільці були *Microcoleus chthonoplastes*, *Trichormus variabilis*, *Lyngbya semiplena*, *Nodularia harveyana*, *Dunaliella salina*, *Leptolyngbya halophila*, *Heterotetracystis intemedia*, *Schizothrix coriaceae*, *Oscillatoria tenuis*.

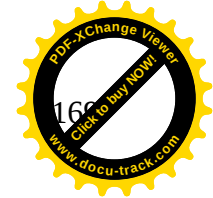
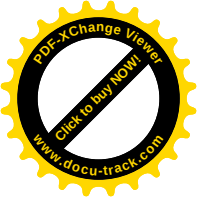
На території полігону дослідження 6 (пробна площа СТ-1) в гирлі р. Корсак угруповання було монодомінантним, а інші види водоростей за шкалою відносної рясності не перевищували значення «достатньо багато».

Едифікатор угруповання – *Lyngbya aestuarii* – є амфібіальним видом, тому розвиток угруповання в цьому біотопі може бути як алохтонним (поширення бентосного угруповання до урізу води), так і автохтонним (самостійний розвиток у зволоженій частині водойми по урізу води).

Угруповання зони обсихання з домінуванням *Lyngbya aestuarii*

Угруповання виявлене на одному полігоні Бердянської коси – 2а (пробна площа БРК-1) та на двох полігонах Арабатської стрілки – 17 та 21, пробні площі АСР та АСО-1 відповідно. Угруповання є найбільш поширеним серед тих, що траплялися під час досліджень у зоні обсихання. Крім того, воно мало найбільше проективне покриття та утворювало найбільшу кількість біомаси порівняно з іншими альгоугрупованнями зони обсихання.

Амфібіальні риси угруповання з домінуванням *Lyngbya aestuarii* простежуються на полігонах дослідження, де це угруповання утворює макроскопічні розростання в різних біотопах: в бентосі, по урізу води, а



також у зоні обсихання при повному пересиханні водойм.

Розглянутий тип угруповання здатний утворювати макроскопічні водоростеві розростання в межах полігону в різних біотопах, зокрема, витримувати періоди повного пересихання та обводнення водойм. Угруповання виконує захисну роль – пелоїд під ним зберігається протягом року, не втрачаючи своїх органолептичних показників.

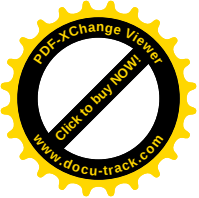
На Бердянській косі угруповання представлене у вигляді брудно-рожевого макроскопічного водоростевого розростання на поверхні пересохлої водойми, під яким спостерігається чорний муловий сульфідний пелоїд. Проективне покриття розростання становить 70-80% від загальної площі зони обсихання. Субдомінант угруповання – *Leptolyngbya perelegans*. Складниками угруповання є ціанопрокаріоти *Nostoc muscorum*, *Nostoc entophyllum*, *Trichormus variabilis*, *Nodularia harveyana*, *Merismopedia glauca*, та зелені водорості *Palmellopsis gelatinosa*, *Coenochloris* sp.

У межах території полігону 17 (пробна площа АСР) угруповання представлене макроскопічним водоростевим розростанням темно-зеленого кольору з проективним покриттям 80-90%. Субдомінантом угруповання є *Microcoleus chthonoplastes*, який за шкалою відносної рясності має значення «багато». Інших видів водоростей в угрупованні не виявлено.

На пробній площі АСО-1 угруповання являє собою суцільні макроскопічні розростання червоного та чорно-оливкового кольорів із проективним покриттям 80%. Домінант угруповання – *Lyngbya aestuarii*, субдомінант – *Leptolyngbya boryana*. Крім того, складниками угруповання є *Surirella* sp., *Lyngbya semiplena*, *Merismopedia glauca*, які за шкалою відносної рясності не перевищують значення «достатньо багато». Пелоїд під розростанням — чорного кольору, має характерний запах сірководню.

Угруповання підвищених незатоплюваних ділянок з домінуванням Lyngbya aestuarii

Це угруповання виявлене на Бердянській (полігон 2б, пробна площа БРК-6; полігон 3а, пробна площа БРО-1; полігон 3б, пробна площа БРО-5;



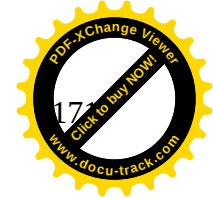
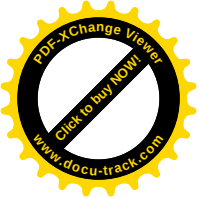
полігон 4б, пробна площа БРМ-13) та Обіточній косах (полігон 5, пробна площа ОК-1), в урочищі Тубальський лиман (полігон 10, пробна площа ПП-1), на узбережжі Молочного лиману (полігон 13, пробна площа МЛ-1) та на Арабатській стрільці (полігон 21, пробна площа АСО-1).

Домінант угруповання — ціанопрокаріота *Lyngbya aestuarii*. Угруповання є досить поширеним на території північно-західного узбережжя Азовського моря та багаторазово траплялося на підвищених незатоплюваних ділянках полігонів дослідження. Пелоїду під угрупованням на незатоплюваних ділянках не виявлено.

На Бердянській косі (пробна площа БРМ-13) водоростеве угруповання являло собою монодомінантне макроскопічне розростання у вигляді плівки оливкового кольору з проективним покриттям не більше ніж 30%. На поверхні та всередині плівки серед трихомів *Lyngbya aestuarii* виявлено інші види (*Nostoc paludosum*, *Nostoc punctiforme*, *Hantzschia amphioxys*, *Chlorella vulgaris*, *Nannochloris cf. eucaryotum*, *Pseudendoclonium sp.*), які за шкалою відносної рясності не перевищували значення «досить багато». Ці види траплялися в межах пробної площі й у ґрунтових зразках поза розростанням. На інших пробних площах Бердянської коси макроскопічних розростань, утворених цим угрупованням, а також пелоїду під ними не виявлено.

Слід зауважити, що на пробній площі БРК-6 макроскопічних водоростевих розростань не зафіксовано, але в ґрунті за допомогою культуральних методів було виявлено 12 видів водоростей із домінантом *Lyngbya aestuarii*. Субдомінант угруповання – ціанопрокаріотична водорість *Merismopedia mediterranea*, яка за шкалою відносної рясності мала значення «багато».

Угруповання повністю складається з представників відділу Суанопрокаріота, водорості, які за шкалою відносної рясності не перевищували значення «достатньо багато», також належать до відділу Суанопрокаріота: *Leptolyngbya amplivaginata*, *L. lagerheimii*, *L. valderiana*, *Planktolyngbya cf. limnetica*, *Anabaena contorta*, *A. solicola*, *Trichormus*



propinquus, *T. variabilis*, *Nostoc cuticulare*, *N. entophyllum*.

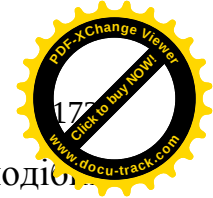
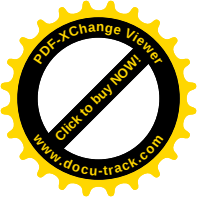
На пробній площі БРО-1 до субдомінантів увійшли три види: *Microcoleus chthonoplastes*, *Nodularia harveyana*, *Nostoc entophyllum*, які за шкалою відносної рясності мали значення «багато». В угрупованні представлені також нечисленні водорості *Pseudendoclonium* sp., *Nannochloris* cf. *eucaryotum*, *Oocystis submarina*, *Nostoc linckia*, *N. muscorum*, *N. paludosum*, *N. punctiforme*, *Trichormus propinquus*, *Nodularia spumigena* f. *spumigena*, *Lyngbya semiplena*, *Oscillatoria salina*.

На пробній площі БРО-5 альгоугруповання теж не утворювало макроскопічних водоростевих розростань. Його формували *Pseudendoclonium* sp., *Nannochloris* cf. *eucaryotum*, *Chlorella vulgaris*, *Oocystis submarina*, *Hantzschia amphioxys*, *Nostoc linckia*, *Nostoc edaphicum*, *Nodularia harveyana*, які за шкалою відносної рясності отримали бали не вище ніж «достатньо багато». Пелоїду в місці розвитку угруповання немає.

На Обіточній косі (пробна площа ОК-1) *Lyngbya aestuarii* утворювала локальні дифузні макроскопічні розростання зеленого кольору, а також була виявлена в ґрунті разом з іншими видами водоростей — *Spirulina major*, *Leptolyngbya halophila*, *Nodularia harveyana*, *Nannochloris* cf. *eucaryotum*, *Chlorella vulgaris*, *Oocystis submarina*, *Hantzschia amphioxys*, *Nostoc edaphicum*, *N. linckia*.

В урочищі Тубальський лиман спостерігалось поверхнєве локальне «цвітіння» темно-зеленого кольору на поверхні ґрунту, утворене *Lyngbya aestuarii*. Ймовірно, з часом, за наявності сприятливих умов зовнішнього середовища це локальне «цвітіння» може утворити макроскопічні розростання. Пелоїду під угрупованням не виявлено. Під водоростевим «цвітінням» в ґрунті є інші види водоростей — *Spirulina major*, *Leptolyngbya perelegans*, *Phormidium* cf. *amphibium*, *Oscillatoria salina*, *Lyngbya semiplena*, *Nodularia spumigena* f. *spumigena*, *Trichormus variabilis*, *Amphora coffeaeformis*, *Desmodesmus* cf. *abundans*.

На підвищених незатоплюваних ділянках узбережжя Молочного лиману



(полігон 13, пробна площа МЛ-1) зафіксовано на ґрунті сухі кіркоподібні макроскопічні розростання водоростей сірого кольору. Утворювачами цього розростання є *Lyngbya aestuarii* (домінант) разом з іншими водоростями: *Leptolyngbya frigida*, *Komvophoron breve*, *Trichormus variabilis*, *Amphora coffeaeformis*, *Desmodesmus cf. abundans*, бали яких за шкалою відносної рясності не перевищують значення «досить багато».

На Арабатській стрільці (пробна площа АСО-1) *Lyngbya aestuarii* макроскопічних розростань не утворює. Крім домінанту, в ґрунті виявлено іншу гомоцитну трихальну ціанопрокаріоту – *Lyngbya semiplena*, яка за відотною рясністю має значення «достатньо багато».

Бентосне угруповання з домінуванням *Chondrocystis sarcinoides*

Це угруповання зафіксоване на дні водойми лиманного типу III стадії генезису в межах полігону 4а на пробній площі БРМ-11 (Бердянська коса). Глибина водойми під час досліджень не перевищувала 20 см, солоність змінювалася від 30 до 35‰, рН – 9,0.

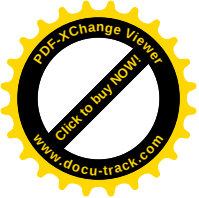
Альгоугруповання представлене бентосним макроскопічним водоростевим розростанням із домінуванням *Chondrocystis sarcinoides*. Розростання являє собою густу ослизлу однорідну масу жовто-зеленого кольору, яка суцільно вкриває дно водойми.

Складниками угруповання є *Rhizosolenia setigera*, *Chroococcus coherens*, які за шкалою відносної рясності не перевищують значення «достатньо багато». Під розростанням виявлено шар чорного сірководневого пелоїду.

На основі огляду наукової літератури та власних спостережень констатуємо, що вид-едифікатор угруповання *Chondrocystis sarcinoides* є амфібіальним. Супутніми є амфібільний вид *Chroococcus coherens* і *Rhizosolenia setigera* – вид, місцеснування якого, є водне середовище.

Угруповання зони обсихання з домінуванням *Chondrocystis sarcinoides*

Альгоугруповання виявлено на поверхні пересохлих водойм на території заказника державного значення «Заплава р. Берда» в континентальній частині Бердянської коси на полігоні 4а (пробна площа БРМ-10).



Угрупування являє собою макроскопічні водоростеві розростання в вигляді сірих полігональних кірок світло-сірого кольору, які від ґрунту відстають неоднорідно, є досить крихкими.

Домінант угрупування – ціанопрокаріота *Chondrocystis sarcinoides*. До угрупування входять також одиничні екземпляри видів *Amphora coffeaeformis*, *Trichormus variabilis*. Під розростаннями виявлено пелоїд чорного кольору із запахом сірководню.

Бентосне угрупування з домінуванням Merismopedia glauca

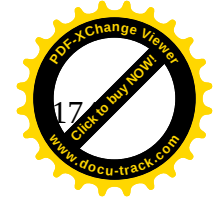
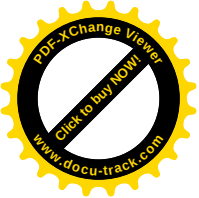
Водоростеве угрупування виявлено у водоймі лиманного типу III стадії генезису на території полігону 4а (пробна площа БРК-6 – Бердянська коса). Солоність водойми становить 12,5-26,5‰, рН — від 8,0 до 9,0.

Угрупування утворює макроскопічні водоростеві розростання в частинах водойм із глибиною близько 15 см. Розростання суцільне, слизке на дотик, синьо-зеленого кольору, досить крихке, займає 40-50% площі дослідженої водойми. Біомаса водоростей на пробній площі становить 12 г/м².

Едифікатор угрупування – *Merismopedia glauca* – неодноразово траплявся в межах полігону 4а, але розростання розвивалося масово лише в бентосі. В іншому біотопі (зона обсихання) водорість за шкалою відносної рясності мала значення «достатньо багато».

Вид за біотопічною приуроченістю є амфібіальним. До угрупування входить *Gomphosphaeria salina*, одиничні екземпляри якої, виявлено серед клітин *Merismopedia glauca*. Під макроскопічними водоростевими розростаннями наявний чорний сульфідний пелоїд із характерним запахом сірководню.

Незважаючи на відсутність нитчастих водоростей у бентосному макроскопічному розростанні, під самим розростанням у мулі є всі умови для формування чорних сульфідних пелоїдів. Наявність чорного пелоїду, на нашу думку, зумовлена суцільним слизистим покривом, який утворюється водорістю *Merismopedia glauca*.



Бентосне угруповання з домінуванням *Schizothrix calcicola*

Угруповання виявлене у водоймі лагунного типу II стадії генезису на пробній площі АСО-А полігону 20 Арабатської стрілки. Солоність води становить 76‰, рН – від 8,5 до 9,0. Біомаса водоростей — 6-10 г/м².

Угруповання має вигляд локальних макроскопічних водоростевих розростань темно-зеленого кольору, слизьке на дотик, завтовшки 2-3 мм. Суцільного покриття не утворює та займає близько 20-30% дослідженої водойми в межах пробної площі. Досить щільне, від дна відносно легко відстає суцільним шаром.

Schizothrix calcicola — наземний вид водорості, розвиток якої у водоймі може бути пов'язаний із затопленням території, де водорість утворила макроскопічні розростання.

Угруповання є моновидовим, інших видів водоростей у розростанні та на його поверхні не виявлено. Пелоїд під водоростевим розростанням має чорний колір із характерним запахом сірководню.

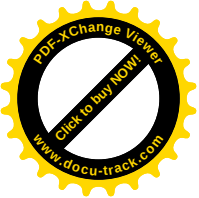
Бентосне угруповання з домінуванням *Cladophora siwaschensis*

Угруповання виявлене на дні водойм лагунного типу II стадії генезису полігонів Білосарайської, Бердянської та Обіточної кіс (пробні площі БЛК-1, БРК-1, ОК-1 відповідно). Глибина водойм, в яких розвивалося це угруповання, під час досліджень становила від 30 до 70 см.

Угруповання утворене зеленою водорістю *Cladophora siwaschensis*, спостерігалось при солоності від 45 до 169‰, рН – від 6,5 до 7,2 та являло собою повстеподібні суцільні скупчення, або жабування у вигляді тонких ниток завтовшки 5-10 см, які галузяться й помітні неозброєним оком.

Колір розростань в активно вегетуючому стані – зелений, при несприятливих умовах – від темно-зеленого до бурого. Під час повного пересихання водойм розростання вкриває суцільним сухим шаром поверхню пересохлого ложа, а інколи – при занесенні через береговий вал – прилеглі ділянки.

На підвищених ділянках досліджених полігонів Білосарайської та



Бердянської кіс виявлено кладофорові «килими» жовто-сірого кольору, діаметр яких було занесено з водойм.

Угрупування *Cladophora siwaschensis* є автохтонним для бентосу водойм полігонів дослідження. У молодому стані водорість розвивається у вигляді невеликих (до 10-15 см заввишки) «кущиків», дорослі особини відриваються від субстрату й тривалий час можуть вільно лежати на дні чи знаходитися у водній товщі.

На Обіточній косі при максимальній глибині водойм до 30 см покриття кладофоровим жабуринням становить 40% від площі дна водойм, на Бердянській і на Білосарайській косах при глибині 70 см – до 60% і до 70% відповідно.

Біомаса розростання на Бердянській косі становить 176 г/м², на Білосарайській – 135 г/м², на Обіточній косі – 160 г/м².

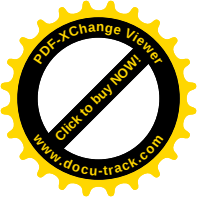
Складниками угрупування є також численні діатомові водорості, які були виявлені серед ниток *Cladophora siwaschensis*, наприклад: *Gyrosigma acuminatum*, *Craticula ambigua*, *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia cf. filiformis*, *Amphora coffeaeformis*.

Пелоїд під кладофоровим жабуринням — окислений, світло-сірий.

Угрупування по урізу води з домінуванням *Cladophora siwaschensis*

Це угрупування траплялося по урізу води водойм із солоністю від 45 до 169‰ і рН від 6,5 до 7,2 на полігоні 1 (пробна площа БЛК-1, Білосарайська коса), полігоні 2а (пробна площа БРК-1, Бердянська коса) та на полігоні 5 (пробна площа ОК-1, Обіточна коса).

Угрупування являє собою суцільні розростання *Cladophora siwaschensis* повстеподібної структури. Колір розростань в активно вегетуючому стані – світло-зелений. На полігонах Білосарайської та Обіточної кіс розростання *Cladophora siwaschensis* розвивається на водоростевій плівці, яка утворена *Lyngbya aestuarii*. На розростанні *Cladophora siwaschensis* у незначній кількості траплялися *Gyrosigma acuminatum* (на Білосарайській косі), *Craticula ambigua* (на Бердянській косі).



Бентосне угруповання з домінуванням *Ulva compressa*

Водоростеве угруповання виявлено на полігонах 11а та 11б (пробні площі ОЗ-97, ОЗ-97а) в акваторії Молочного лиману.

Альгоугруповання зафіксоване у водоймах лиманного типу із невисокими показниками солоності – від 16,0 до 24,7‰ і рН, близькому до нейтрального (рН=7,2). Біомаса водоростевого розростання становить 100-105 г/м².

Водорості не утворювали суцільного розростання й були представлені локально розміщеними галузистими таломами зеленого кольору. Едифікатор угруповання – *Ulva compressa* – в молодому стані розвивається у вигляді «кущиків» заввишки 10-15 см, які прикріплені до мулистого дна.

Крім того, до угруповання входять інші макрофіти, а саме: *Ulva linza*, *Ulva intestinalis*. Угруповання є автохтонним для бентосу досліджених водойм.

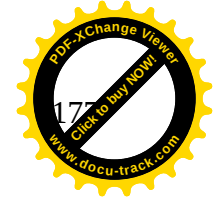
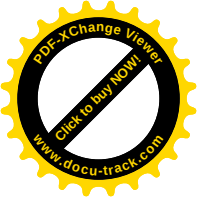
На дні водойми відкладень пелоїду немає.

Планктонне угруповання з домінуванням *Oscillatoria ornata*

Угруповання було виявлене на пробній площі ОЗ-97 в межах полігону 11а у водоймі лиманного типу II стадії генезису (Молочний лиман) і розвивалося при солоності 24,7‰ і рН 7,2.

Домінант — *Oscillatoria ornata* — за шкалою рясності мала значення «багато». Угруповання не спричиняло «цвітіння» води. Компоненти угруповання *Pseudanabaena mucicola*, *Jaaginema kuetzingianum*, *Leptolyngbya foveolarum*, *Anabaena cylindrica*, *Anabaena spiroides f. spiroides*, *Fragilaria brevistriata*, *Cocconeis placentula*, *Cocconeis disculus*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula radiosa*, *Gomphonema longiceps*, *Amphora ovalis*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum cordatum*, *Ceramium diaphanum*, *Ulothrix flacca*, *Ulva maeotica*, *Ulva intestinalis*, *Ulva flexuosa* за шкалою відносної рясності отримали бали, що відповідають значенню «поодинокі».

Як відомо, формоутворювальний вид *Oscillatoria ornata* є гідрофільним, тому розвиток угруповання, ймовірно, має автохтонне походження в



планктоні.

Планктонне угруповання з домінуванням *Dunaliella salina*

Монодомінантне угруповання виявлено у водоймах завглибшки до 1 м при солоності 46-167‰, рН 6,7-9,0 на Бердянській косі (полігон 2б, пробна площа БРК-8) та на Арабатській стрільці (полігон 17, пробна площа АСР).

Домінантом угруповання є *Dunaliella salina*. Субдомінанти на різних полігонах – зелені водорості *Dunaliella viridis* (на Бердянській косі) та *Asteromonas gracilis* (на Арабатській стрільці).

На Бердянській косі угруповання виявлено у водоймі завглибшки 0,7 м при солоності 46-62‰, рН 6,8-9,0. Складниками його, крім домінантів, були водорості *Gyrosigma acuminatum*, *G. spenceri*, *Amphora coffeaeformis*, *Fragilaria brevistriata*, *Lyngbya aestuarii*, які за шкалою відносної рясності мали значення «поодинокі» та «мало». На час досліджень водойм Бердянської коси це угруповання масового розвитку не набуло й не спричинило «цвітіння» води.

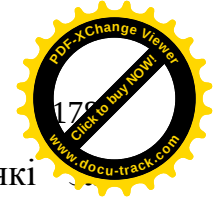
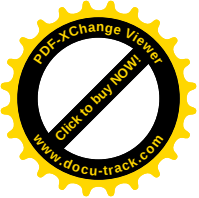
На Арабатській стрільці угруповання спостерігалось у водоймах завглибшки до 1 м при солоності 135-167‰, рН 6,7-7,3. Інших видів, крім *Dunaliella salina* та *Asteromonas gracilis*, у планктоні не виявлено. Планктонні водорості досліджуваного полігону в теплу пору року набували масового розвитку в товщі води, утворюючи «цвітіння» жовто-зеленого кольору.

Біомаса планктону на Бердянській косі становить 0,011-0,026 мг/л. На Арабатській стрільці біомаса не перевищувала значення 0,024 мг/л.

Угруповання зони обсихання з домінуванням *Hydrocoleum cf. homoeotrichum*

Угруповання, виявлене в межах полігону 3а на пробній площі БРО-1 (Бердянська коса), являє собою монодомінантне суцільне макроскопічне водоростеве розростання від оливкового до чорно-зеленого кольору завтовшки до 3 мм, слизьке на дотик, щільне. Едифікатором угруповання є ціанопрокаріота *Hydrocoleum cf. homoeotrichum*.

До альгоугруповання входять також два інших представники відділу



Суанопrocaryota: *Microcoleus chthonoplastes*, *Lyngbya semiplena*, які шкалою відносної рясності мають значення «нечисленні». Під розростанням спостерігається чорний муловий сульфідний пелоїд.

Угрупування зони обсихання з домінуванням *Nitzschia cf. filiformis*

Угрупування зафіксоване в гирловій частині ріки Корсак на території полігону 10 (пробна площа ПП-1).

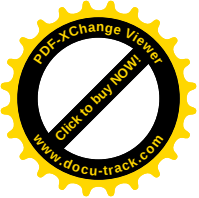
Це угруповання являло собою поверхнєве дисперсне «цвітіння» зелено-коричневого кольору. «Цвітіння» в межах обсихання було локальним, суцільного покриття не утворювало. Під макроскопічними розростаннями водоростей виявлено пелоїд сірого кольору.

Едифікатор угруповання – діатомея *Nitzschia cf. filiformis* – спостерігалася також у межах цього полігону в угрупованні по урізу води, де водорість була субдомінантом із домінуванням *Lyngbya aestuarii*, рясність якої відповідала значенню «мало».

Угрупування підвищених незатоплюваних ділянок з домінуванням *Nodularia harveyana*

На Бердянській косі в межах полігону 4а (пробна площа БРМ-11) під час досліджень виявлено локальне поверхнєве «цвітіння» ґрунту темно-зеленого кольору, зумовлене масовим розвитком гетеротрихальної ціанопрокаріоти *Nodularia harveyana*. Угрупування є монодомінантним. У ґрунтових зразках, окрім едифікатора угруповання, виявлені три інших види, серед яких два види – ціанопрокаріоти *Lyngbya aestuarii* та *Leptolyngbya perelegans* (обидва види за шкалою відносної рясності відповідають значенню «достатньо багато») і зелена нитчаста водорість *Pseudendoclonium* sp., яка представлена в угрупованні одиничними екземплярами. Під водоростевим угрупованням пелоїду немає.

В інших біотопах полігону (бентос, уріз води, зона обсихання) едифікатор угруповання – *Nodularia harveyana* – не виявлений. Тому вважаємо, що водоростеве угруповання має ґрунтове автохтонне походження.



Угрупування підвищених незатоплюваних ділянок з домінуванням

Pseudospongiococcum protococcoides

Водоростеве угруповання зафіксовано на Арабатській стрільці в межах території полігону 19 (пробна площа АСК). Едифікатор угруповання не утворює макроскопічного розростання на поверхні ґрунту. Домінантом є зелена водорість *Pseudospongiococcum protococcoides*, яка за шкалою відносної рясності має значення «багато».

Крім домінанту, в угрупованні виявлено два види ціанопрокаріот: *Phormidium irriguum* (рясність виду відповідала значенню «мало»), *Pseudanabaena catenata* (представлена в угрупованні одиничними екземплярами).

Едифікатор угруповання – *Pseudospongiococcum protococcoides* – є амфібіальним видом, але в інших біотопах, крім ґрунту, на пробній площі не виявлений, тому, ймовірно, за походженням угруповання є автохтонним і пов'язане безпосередньо з ґрунтом.

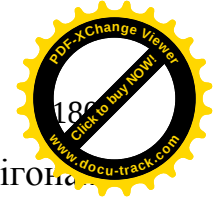
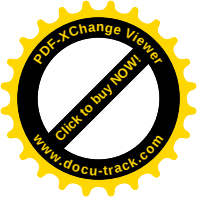
Угрупування підвищених незатоплюваних ділянок з домінуванням

Nostoc commune

Зазначене угруповання виявлено на Арабатській стрільці в межах території полігону 17 (пробна площа АСР). Угрупування являє собою чорні сухі кіркоподібні розростання, утворені *Nostoc commune*. Кірки не вкривали поверхню ґрунту суцільним шаром, а розміщувалися у вигляді локальних скупчень. Крім *Nostoc commune*, інших водоростей в угрупованні не виявлено. *Nostoc commune* – водорість, що приурочена до наземних біотопів. У межах полігону дослідження цей вид траплявся виключно в ґрунті, тому угруповання, ймовірно, має автохтонне походження. Пелоїду під угрупованням не виявлено.

***Pseudendoclonium* sp.: угруповання підвищених незатоплюваних ділянок**

Виявлено на пробній площі АСР на полігоні 17 (коса Арабатська стрілка). Едифікатор угруповання – зелена нитчаста водорість (представник



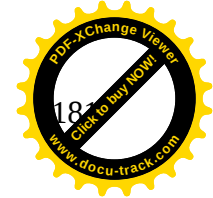
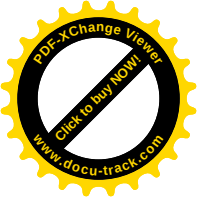
роду *Pseudendoclonium*) багаторазово траплялася в ґрунті на різних полігонах дослідження, але переважно була представлена одиничними екземплярами. Лише на пробній площі АСР цей вид утворював повстеподібне розростання світло-зеленого кольору, яке вкривало поверхню ґрунту. Розростання є досить пухким, нещільним.

Складниками угруповання, крім того, були *Leptolyngbya halophila*, *Leptolyngbya nostocorum*, *Leptolyngbya* cf. *tenuis*, *Schizothrix coriacea*, *Trichormus variabilis*, *Heterococcus akinetos*, *Heterotetracystis intermedia*, які за шкалою відносної рясності не перевищували значення «досить багато». Ці супутні види траплялися в ґрунті та безпосередньо в розростанні *Pseudendoclonium* sp. Пелоїду під макроскопічними водоростевими розростаннями немає.

У результаті дослідження встановлено, що чорний сульфідний пелоїд наявний у межах полігонів 1 (Білосарайська коса), 2а, 2б, 3а, 4а, 4в (Бердянська коса), 5 (Обіточна коса), 6 (гирло р. Корсак) 10 (урочище Тубальський лиман), 13 (Молочний лиман), 17, 19, 20, 21 (коса Арабатська стрілка) в бентосі під макроскопічними розростаннями, домінантами яких є ціанопрокаріоти, а саме: *Lyngbya aestuarii*, *Chondrocystis sarcinoides*, *Merismopedia glauca*, *Schizothrix calcicola*. При цьому найчастіше чорний пелоїд трапляється під угрупованнями з домінуванням *Lyngbya aestuarii*. Супутнім було лише одне планктонне угруповання з домінантом *Dunaliella salina*, зафіксоване на полігонах 2б (Бердянська коса), 17 (коса Арабатська стрілка), яке спричиняло «цвітіння» води.

Планктонні угруповання на інших полігонах масового розвитку не набували. Рідше чорний пелоїд траплявся по урізу води та в зоні обсихання (11,1% від усіх фіксацій чорного пелоїду). Домінантами угруповань були по урізу води *Lyngbya aestuarii*, в зоні обсихання – *Lyngbya aestuarii*, *Chondrocystis sarcinoides*, *Hydrocoleum* cf. *homoeotrichum*.

Темно-сірий пелоїд виявлено на трьох полігонах 1, 2а, 5 (на Білосарайській, Бердянській і Обіточній косах відповідно) під угрупованнями



з домінуванням *Cladophora siwaschensis*.

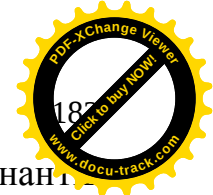
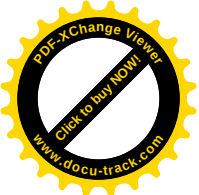
Формування сірих мулових сульфідних пелоїдів також пов'язане з наявністю у бентосі макроскопічних розростань *Cladophora siwaschensis* (полігони 1, 2а, 5) і в зоні обсихання угруповання з домінуванням діатомової водорості *Nitzschia cf. filiformis* (полігон 10, урочище Тубальський лиман).

Таким чином, навіть за наявності великої кількості біомаси, яку утворюють водоростеві угруповання, як наприклад, у випадку угруповань із домінуванням зеленої водорості *Cladophora siwaschensis*, чорний муловий сульфідний пелоїд під ними не утворюється.

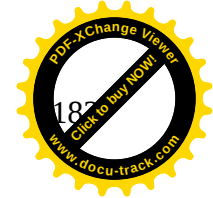
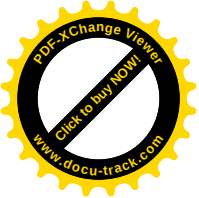
Під угрупованнями на підвищених незатоплюваних ділянках, де домінантами виступали *Lyngbya aestuarii*, *Nodularia harveyana*, *Pseudospongiococcum protococcoides*, *Nostoc commune*, *Pseudendoclonium* sp, пелоїду не виявлено. Відсутній пелоїд й під бентосним водоростевим угрупованням *Ulva compressa* та в місці розвитку планктонного угруповання з домінуванням *Oscillatoria ornata*, оскільки в цьому випадку, водорості не утворювали макроскопічних розростань, які вкривали би поверхню дна водойми.

Таким чином, між певними типами альгоугруповань та наявністю певних типів мулових сульфідних пелоїдів виявлено наступний зв'язок: високоякісні чорні неокислені мулові сульфідні пелоїди реєструються під водоростевими матами, утвореними ціанопрокаріотами (в першу чергу, *Lyngbya aestuarii* та *Chondrocystis sarcinoides*) в бентосі, зоні заплесу та зоні обсихання солоних водойм.

Сірі окислені мулові сульфідні пелоїди виявляються під жабуринням, утвореним макроскопічними розростаннями зелених водоростей (*Cladophora siwaschensis*) на дні та в зоні заплеску, та можуть траплятися в зоні обсихання під макроскопічними розростаннями галофільних діатомових водоростей. Під розростаннями морських зелених водоростей-макрофітів та під розростаннями водоростей, що є домінантами типових едафофільних альгоугруповань, будь-які пелоїди відсутні.



Подальший аналіз деструкції водоростевої мортмаси домінантних макроскопічних розростань полігонів дослідження дасть змогу з'ясувати, чому чорний пелоїд формується тільки під певними водоростевими розростаннями й не утворюється під іншими.



РОЗДІЛ 5

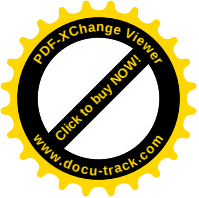
ДЕСТРУКЦІЯ ВОДОРОСТЕВОЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ТА ЇЇ УЧАСТЬ В УТВОРЕННІ ПЕЛОЇДІВ

5.1. Загальні закономірності деструкції водоростевої органічної речовини

Утворення пелоїдів пов'язане із життєдіяльністю мікро- та макроорганізмів, накопиченням і трансформацією органічної речовини. Характер перетворень органічної речовини в пелоїдах, їх інтенсивність, кінцеві продукти є важливим предметом досліджень. Одним із джерел органічної речовини, яка включається в процеси деструкції та формування органічної частини пелоїдів, є водорості [45].

Швидкість розкладання різних видів вищих водних рослин неоднакова. Залежно від величини константи швидкості розкладання (K) виділяють три групи рослин: ті, що швидко розкладаються (K від 0,046 до 0,091 доб⁻¹), рослини зі середньою швидкістю розкладання (K від 0,018 до 0,032 доб⁻¹) і повільного розкладання (K від 0,008 до 0,014 доб⁻¹) [312].

Істотне значення для процесів деструкції має хімічний склад рослин макрофітів. Хімічна природа органічних сполук водоростей досить різноманітна. Серед них трапляються вуглеводи, нітрогеновмісні речовини, органічні кислоти, фенольні сполуки, ліпіди, вітаміни, фітогормони. Відносний вміст органічних сполук у водоростях залежить від індивідуальних, вікових та інших особливостей різних видів, від умов зовнішнього середовища [313-315]. Крім того, відомо, що вирощені в однакових умовах культури далеких одна від одної систематичних груп морських водоростей містять приблизно однакову кількість білків, жирів і вуглеводів [314]. Так, за усередненими даними багатьох біохімічних досліджень Е.С. Бікбулатов [314] обчислив вміст білків, вуглеводів і ліпідів у морському фітопланктоні. Їх кількість відповідно коливалася в діапазоні



12-57% (у середньому 40%), 5-50% (у середньому 27%), 1-26% (у середньому 10%), відповідно.

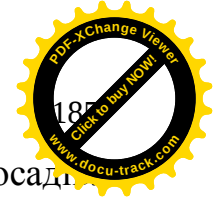
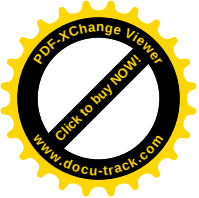
Усі біохімічні процеси, що відбуваються під час розкладання, пов'язані з діяльністю мікроорганізмів, які зумовлюють той чи інший процес.

Органічні компоненти водоростевої маси використовуються мікроорганізмами з різною швидкістю. Е.С. Бікбулатов і Е.М. Бікбулатова [314] пропонують розрізняти дві фракції органічної речовини: лабільну – швидко розкладається мікроорганізмами, і стійку – важко піддається мікробному розкладанню. За здійсненими підрахунками, частка лабільної фракції становить 55-60%, стійкої – 40-45%.

Найшвидше з-поміж інших компонентів органічної речовини рослин розкладаються легкоокислювальні вуглеводи – полісахариди, потім нітрогенвмісні сполуки – амінокислоти, протеїни [314, 316, 317]. За іншими даними, вважається, що при деструкції органічної речовини, в першу чергу, серед основних органічних сполук живих організмів зазнають перетворення білки. При цьому відбувається зменшення білкових компонентів у 100-200 разів, водночас як концентрація ліпідів і вуглеводів змінюється мало (2-4 і 1,5-2 рази) [318]. У водному середовищі швидкість бактеріального розкладання ліпідів становить від декількох до 150 діб [314, 316].

Як відомо, більшість звичайних епіфітних бактерій є потенційними деструкторами й після відмирання організму беруть участь у розкладанні органічної речовини рослини. Експерименти з розкладання різних видів вищих водних рослин свідчать, що загальна кількість бактерій при їх розкладанні збільшується в 1,5-4,0 рази й вище [312]. Ступінь збільшення чисельності мікроорганізмів і їх динаміка визначалися вмістом у водоростях легкоокислювальних органічних речовин [319]. Сукцесії бактеріальних форм і зміна бактеріальної активності в часі виявляються в селективній деструкції різних компонентів рослинних тканин [14].

Інтенсивність і повнота бактеріального перетворення органічної речовини водоростей залежить від умов існування, чисельності й



різноманітності мікробних ценозів водного середовища й донних осадів.

А це, у свою чергу, регулюється такими основними параметрами [320]:

- 1) походженням органічної речовини;
- 2) зовнішніми умовами (E_h , pH, температурою, солоністю та кількістю розчиненого у воді кисню).

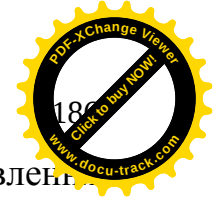
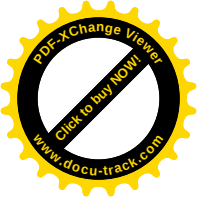
Бактеріальна та біохімічна деструкція органічної речовини водоростей може проходити принципово різними шляхами: окисним і відновним. У першому випадку (в окисних умовах) органічна речовина може окислитися до низькомолекулярних органічних речовин і вуглекислоти. У другому (за відновних умов) бактерії з органічних речовин утворюють вуглеводневі гази, переважно метан (CH_4) [321, 322].

Відомо, що основними процесами, які забезпечують життєдіяльність будь-якого живого організму й протікання біохімічних реакцій, є окисно-відновні реакції, тобто реакції, пов'язані з передачею електронів і енергії. Енергія, яка виділяється в ході цих реакцій, витрачається на підтримку гомеостазу (життєдіяльності організму), регенерацію клітин організму й біохімічне перетворення органічної речовини [14, 15].

Одним із найбільш значущих факторів регулювання параметрів окисно-відновних реакцій, що протікають у будь-якому рідкому середовищі, є активність електронів, або окисно-відновний потенціал (ОВП), показником якого є рівень E_h цього середовища. Саме цей параметр визначає характер деструкції й подальшого перетворення органічної речовини під час біохімічних процесів [320].

Розрізняють кілька основних типів геохімічних ситуацій у природних водах [320, 323]:

- окисну, яка характеризується значеннями E_h від +100 до +150 мВ, наявністю вільного кисню, а також цілої низки елементів вищої валентності й активних процесів окислення;
- перехідну окисно-відновну, зумовлену величинами E_h від +100 до 0 мВ, нестійким геохімічним режимом і змінним вмістом сірководню й



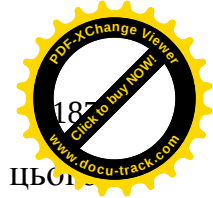
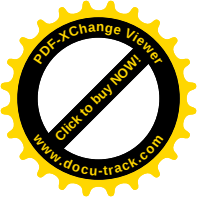
кисню. У цих умовах протікає як слабе окиснення, так і слабе відновлення цілої низки металів;

- відновну, що характеризується негативними значеннями E_h і наявністю у водах металів низької валентності, а також сірководню.

E_h і pH є взаємозалежними показниками. Величина концентрації іонів водню має велике значення для хімічних і біологічних процесів, що відбуваються в природних водах. Від величини pH залежить розвиток і життєдіяльність водних організмів, стійкість різних форм міграції елементів; pH води також впливає на процеси перетворення різних форм біогенних елементів, змінює токсичність забруднюючих речовин [323]. У зв'язку з цим pH середовища є одним із істотних показників, що впливає на протікання процесів біохімічної деструкції органічної речовини.

Можливість існування живих організмів залежить від солоності води, яка характеризує кількісний і якісний склад розчинених у ній мінеральних солей.

Сприятливими умовами для деструкції органічної речовини є солоність в інтервалі від 50 до 220 г/л, вміст кисню у воді не менше ніж 3-4 мг/л, pH в інтервалі 6,0-8,6. У зазначених умовах деструкція здійснюється мікроорганізмами різного ступеня галофілії. До групи слабких галофітів належать мікроорганізми з оптимальною для їх розвитку концентрацією солей 50-80‰. Оптимум солоності середньогалофітних бактерій знаходиться в межах 120-150‰. Строгі галофіти – третя група – можуть інтенсивно розвиватися в середовищі при концентрації NaCl 180‰ і вище. Галофільні мікроорганізми будь-якої групи зберігають свою життєздатність далеко за межами оптимальних концентрацій солей, але мають при цьому значно меншу активність [14, 324]. Як відомо, підвищення температури зумовлює збільшення розчинності солей і зниження розчинності кисню [323]. Слід зазначити, що при підвищенні солоності розчинність кисню знижується, а розчинність вуглекислого газу практично не змінюється. Зі збільшенням глибини водної товщі зменшується кількість розчиненого кисню і, як

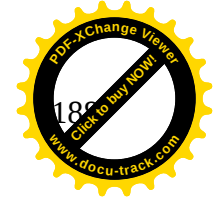
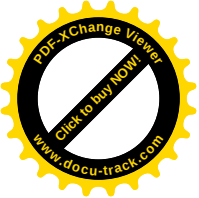


наслідок, зменшується кількість аеробних бактерій. У результаті цього аеробне перетворення залишків організмів у водній товщі й донних відкладеннях солоних водойм є короткочасним [69].

Від співвідношення білків, вуглеводів і ліпідів у вихідній органічній речовині водоростей залежить якість і кількість проміжних і кінцевих продуктів. Швидкість і ступінь розкладу також безпосередньо пов'язані з вихідним хімічним складом водоростей, чисельністю мікроорганізмів і складом мікробіоценозів.

У роботі Р. Ветцеля на основі аналізу тривалого (180 діб) лабораторного досліду [325] запропонована концептуальна модель деструкції. Взаємодія факторів – температура, розчинний кисень, мінеральні речовини, вихідна стійкість зв'язків, розмір часток – зумовлює прискорення чи гальмування швидкості розкладу. Залежно від величини цієї швидкості виділяють три фази розкладання: першу – період високої швидкості втрати маси за рахунок вилуговування та (чи) вивільнення розчинених органічних речовин шляхом автолізу клітин, другу – фаза зменшення швидкості розкладу. У цей період мікробна колонізація та метаболізм є головними причинами втрати маси. Саме в цей період взаємодія факторів, які контролюють розкладання, матиме найбільше значення. Третя фаза деградація найбільш стійких органічних компонентів.

Деструкція органічної речовини починається аеробними мікроорганізмами. Згідно з правилом Виноградського, аеробні деструктори здатні використовувати кожен природну речовину, і відповідно для вуглеводів, білків і жирів є цукролітичний, протеолітичний, ліполітичний шляхи й мікроорганізми, які продукують відповідні ферменти. На першому етапі мортмаса [14] під дією екзоферментів гідролізується до низькомолекулярних речовин, які потрапляють у навколишнє середовище й використовуються як самими гідролітиками, так і іншими групами організмів [14, 29]. Регуляція процесів гідролізу здійснюється завдяки функціонуванню мікробних консорцій, які складаються з гідролітичних і дисіпотрофних



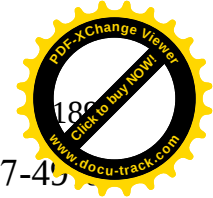
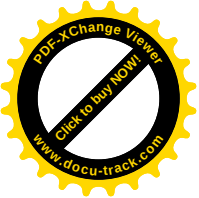
мікроорганізмів [14, 29, 326-328].

Анаеробний розклад органічної речовини відбувається в кілька етапів, серед яких виділяють гідроліз і бродіння, а також [33, 329] газоутворення. На першому етапі цього багатостадійного процесу гідролітичні бактерії руйнують полімерні речовини до мономерів (жирних кислот, цукрів, нуклеотидів, пептидів, амінокислот). Анаероби-бродильники утворюють Гідроген, ацетат-іони та леткі жирні кислоти, які переробляються спеціалізованими групами організмів.

Метаболіти первинних анаеробів служать субстратом для метаноутворювальних гетеротрофів і хемоавтотрофів, а також сульфатредуючих бактерій (вторинних анаеробів). При цьому сульфатредукція є основним процесом не тільки анаеробної мінералізації органічної речовини, а й метаморфізації рідкої фази пелоїду. Бактеріального розкладання зазнають низькомолекулярні карбонові кислоти, моносахариди, спирти, ацетати. Виділення H_2S відбувається тільки після того, як в осаді відновлено весь реакційноздатний Ферум. Дифузія газів із донних відкладень у придонну воду й існування на поверхні осаду нейтральних ($Eh \sim 0$) або слабковідновних умов сприяє розвитку фотоавтотрофів, а в більш глибоководних частинах водойм – хемоавтотрофів (тіонових і метанокислювальних бактерій) [29, 330-333].

У середовищі, де відсутні зовнішні окислювачі, водень і ацетат використовуються бактеріями, які утворюють метан. Леткі жирні кислоти розкладаються синтрофами на ацетат і водень. Метан піднімається на поверхню, і його окиснення метанотрофами перешкоджає доступу кисню в анаеробну зону. При наявності сполук сірки на завершальних етапах метаболізму переважають сульфатвідновні бактерії та бактерії, що окислюють сірководень [14, 29]. Таким чином, кінцеві низькомолекулярні продукти розкладу органічної речовини є субстратом для сульфатредукторів, метаногенів та ацетогенів.

Аеробний процес розкладу органічної речовини відбувається швидше



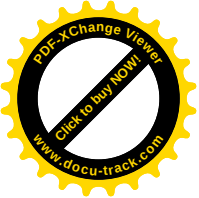
від анаеробного [312, 334, 335]. Наприклад, розклад білка хлорели до 47-49% в аеробних умовах відбувається за 20 діб, в анаеробних – за 76 діб, 62-63% вуглеводів розкладається за 20 діб і 32 доби відповідно. Зниження температури гальмує процеси розкладу органічної речовини, особливо в анаеробних умовах [319, 335].

Особливості процесів росту й відмирання водоростей різних систематичних груп і супутніх організмів зумовлюють шарувату структуру їх розростань (біоплівки, мати тощо) і відповідний вертикальний розподіл функціональних груп мікроорганізмів за шарами. У всіх типах структурованих угруповань виділяється три відокремлені зони: зелена зона з розвитком окисних фотосинтетиків, рожева зона з розвитком аноксигенних фотосинтетиків (пурпурних сірчаних бактерій) і чорна зона сульфатредукції (саме в цій зоні відбувається утворення основного мінералу пелоїдів – гідротроїліту). Ця структура – результат фізико-хімічних градієнтів, які наявні в матах і залежать від метаболічної активності самих мікроорганізмів [14].

Різке падіння окисно-відновного потенціалу, в першу чергу, спостерігається у верхніх шарах розростань [336], тому основна частина біомаси піддається розкладу в анаеробних умовах. Шляхом метаногенезу розкладається практично захоронена органічна речовина водоростей, і саме інтенсивністю метаногенезу визначається повнота її мінералізації [329]. Швидкість метаногенезу на світлі пригнічується киснем, який утворюється при фотосинтезі, а ще більше – за рахунок асиміляції попередників метану. Так ацетат, який утворюється при розкладі біомаси ціанопрокаріот, на світлі асимілюється клітинами *Chloroflexus aurantiacus*, а в темряві накопичується [337].

Різниця у швидкості процесів продукції та деструкції приводить до нагромадження органічної речовини, що є складником пелоїдів [338].

Таким чином, інтенсивність і повнота бактеріального перетворення органічної речовини водоростей залежать від умов існування, чисельності й



різноманітності мікробних ценозів водного середовища й донних осадів. Слід зауважити, що особливості процесів деструкції для представників різних відділів водоростей досліджені недостатньо, особливо в галофільних і ультрагалофільних умовах.

Ураховуючи, що основними утворювачами біомаси в солоних водоймах узбережжя Азовського моря є зелені водорості та ціанопрокаріоти, актуальним є дослідження впливу зовнішніх умов (Eh, pH, температури, солоності, кількості розчиненого у воді кисню) на процеси деструкції їх мортмаси та визначення ролі різних функціональних груп мікробних ценозів ропи в перетворенні органічної речовини.

5.2. Деструкція макроскопічних розростань з домінуванням зеленої водорості *Cladophora siwaschensis*

У ході експерименту було досліджено процеси деструкції макроскопічних розростань зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* у ропі гіпергалійних водойм коси Арабатська стрілка й Бердянської коси та в ропі Східного басейну Сакського озера.

Дані щодо хімічного складу ропи надані в розділі 6. Солоність ропи досліджуваних гіпергалійних водойм становила: для Арабатської стрілки – 140‰, Бердянської коси – 165‰, Сакського озера – 179‰.

Найбільш універсальним і широко застосовуваним показником розкладання органічної речовини є зміна в часі абсолютно сухої маси рослинних залишків [314].

Деструкція органічної речовини водоростей *Cladophora siwaschensis* у ропі водойм коси Арабатська стрілка відбувалася з різною інтенсивністю протягом експерименту. Найбільша втрата мортмаси спостерігалася до 20 доби (рис. 5.1).

При середньолітній температурі на 5-у добу втрата маси від вихідної становила 13,5-14%, на 10-у добу – 25-25,5%, на 15-у добу – 35%, на 20-у добу – 38-39%, а за 25 діб – 41% [339]. Аналогічний характер зміни маси

спостерігається при середньорічній температурі з тією лише відмінністю, що швидкість деструкції дещо нижча і з 20-ої доби починається гальмування цих процесів.

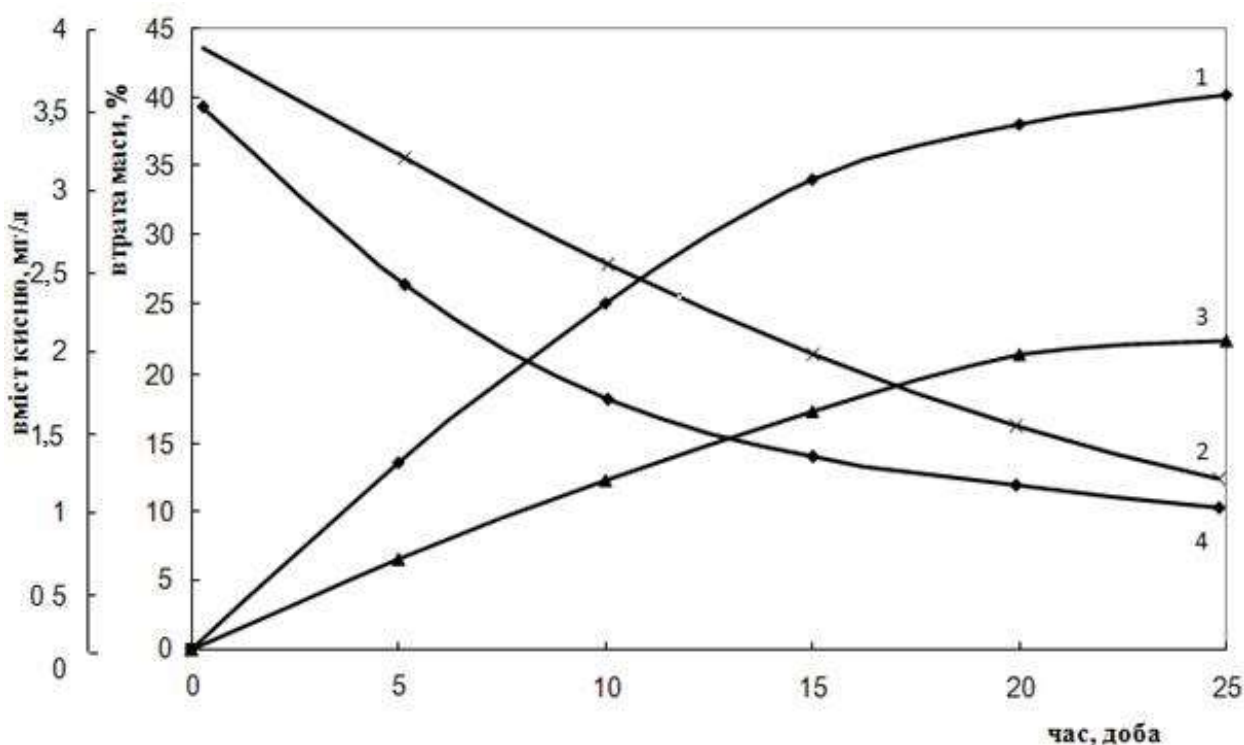


Рис. 5.1. Деструкція органічної речовини зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* і вміст кисню в ропі з гіпергалійних водойм коси Арабатська стрілка при різній температурі: криві 1,2 – середня літня температура (25°C); криві 3,4 – середньорічна температура (14°C) (1,3 – деструкції органічної речовини, 2,4 – вміст кисню).

З графіка динаміки втрати мортмаси в ропі водойм коси Арабатська стрілка (рис. 5.1, рис. 5.2) видно, що пік втрати маси знаходиться в діапазоні 5-15 доба як при середньолітній, так і при середньорічній температурах із тією різницею, що при середньорічній температурі абсолютні значення зміни маси є нижчими.

Зменшення сухої маси в часі визначається, насамперед, розкладанням органічних компонентів, що втрачаються значно швидше, ніж зольні речовини. Це підтверджується як нашими дослідженнями, так і даними М.А. Белової [312], які свідчать, що найбільша втрата органічної речовини

відбувалася в перші 2-3 тижні проведення експерименту.

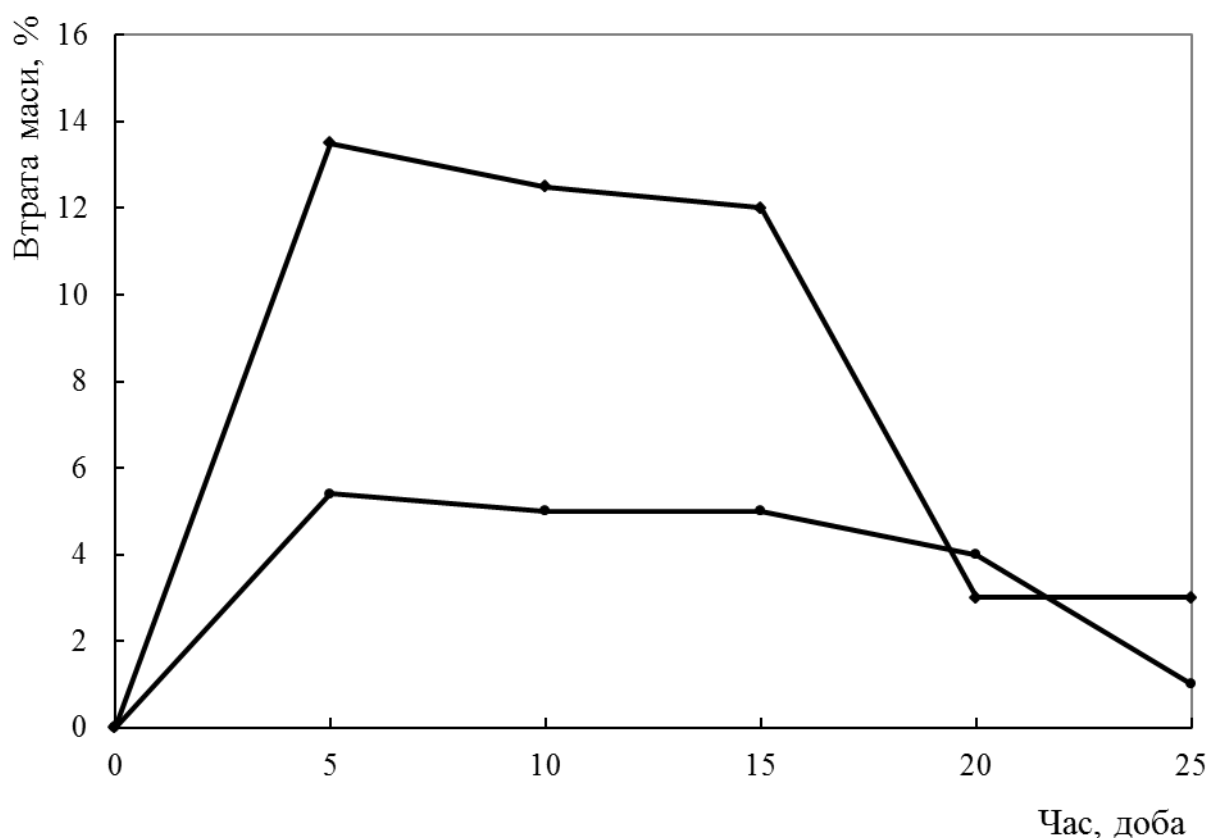
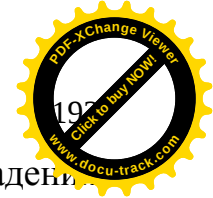
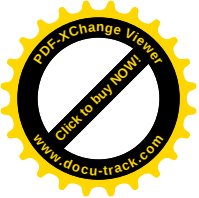


Рис. 5.2. Динаміка втрати маси зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* в ропі з гіпергалійних водойм Арабатської стрілки при різній температурі: крива 1 – середньолітня температура (25°C); крива 2 – середньорічна температура (14°C).

На першому етапі наших досліджень (до 5-ої доби експерименту) спостерігається процес швидкої втрати маси наважки. Згідно з моделлю Г. Годшалка та Р. Ветцеля [325], у цей час відбувається вилуговування й (або) вивільнення розчинених органічних речовин за рахунок автолізу клітин. Втрата значної кількості розчинних компонентів із рослинної маси, яка розкладається, відбувається досить швидко внаслідок фізіологічного вилуговування. Більшість іонів вимивається протягом декількох діб після втрати тканинами рослин структурної цілісності [328].

Крім того, на нашу думку, у зменшенні маси наважки певну роль відіграють результати деструкції за рахунок мікроорганізмів, асоційованих із



водоростевою наважкою. Відбувається розсіювання вже розкладених органічних сполук бактеріями-гідролітиками, оскільки наважка водоростей відібрана з природного середовища. На її поверхні містилися різні групи мікроорганізмів, які живилися прижиттєвими виділеннями водоростей і (або) таломами.

Отже, водоростева наважка, яка використовувалася в експерименті й розглядалася як мортмаса водоростей, містила також різні групи бактерій і продукти їхньої життєдіяльності. Речовини, уже розкладені до початку експерименту, переходили в досліджувану ропу й приєднувалися до органічної речовини водоростевої наважки, що розкладалася мікроорганізмами ропи.

Це підтверджується результатами додатково проведених досліджень з перевірки характеру втрати маси наважки в стерильній дистильованій воді при середньолітній температурі (рис 5.3.А, рис.5.3.Б) з подальшим висівом на живильні елективні середовища через кожні дві доби.

Особливо високі показники втрати маси за рахунок вже розкладених органічних сполук спостерігаються на четверту добу у дистильованій воді й досягають лише 2,2-2,3% (рис. 5.3, Б), а в умовах ропи – на цей час – 14%.

Деструкція органічної речовини зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* у ропі водойм Бердянської коси відбувається менш інтенсивно, ніж у ропі, відібраної у гіпергалійних водоймах на косі Арабатська стрілка (рис. 5.1, рис. 5.4).

При середньолітній температурі найбільш стрімке зростання втрати мортмаси спостерігається з п'ятої доби і становить 11-12%, на десяту добу – 23-24% і на 15-у добу – 30-30,5%. Процес уповільнення найчіткіше проявляється з 20-ої доби.

При середньорічній температурі максимум швидкості деструкції припадає на 16-17-у добу: на п'яту добу втрата маси становила 5-5,2%, на десяту – 10-10,5%, на 15-у – 15-15,3%. З 20-ої доби процес деструкції значно гальмується.

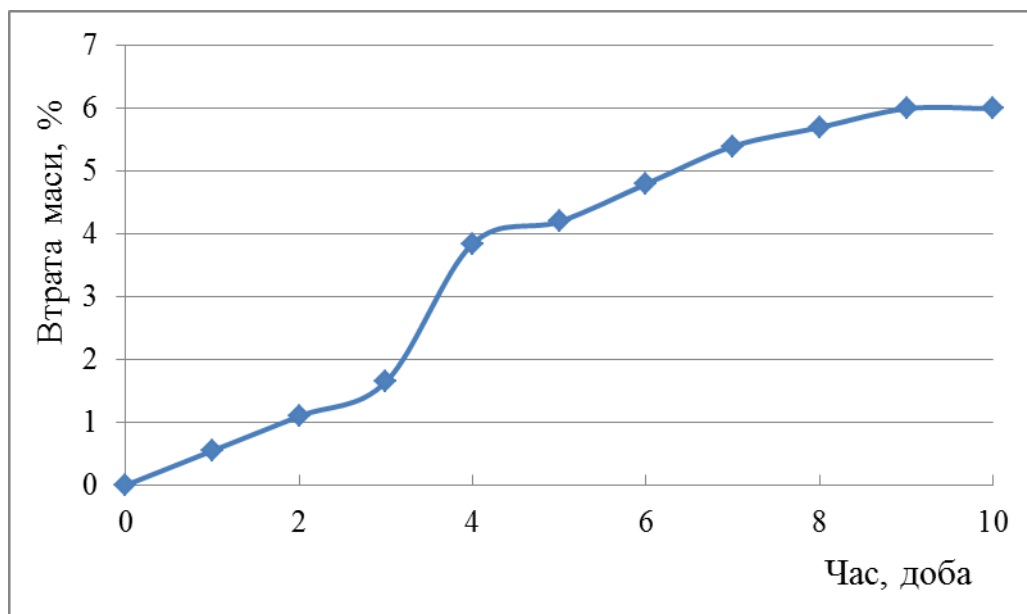


Рис. 5.3. А) Деструкція органічної речовини зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* в дистильованій воді при середньолітній температура (25°C).

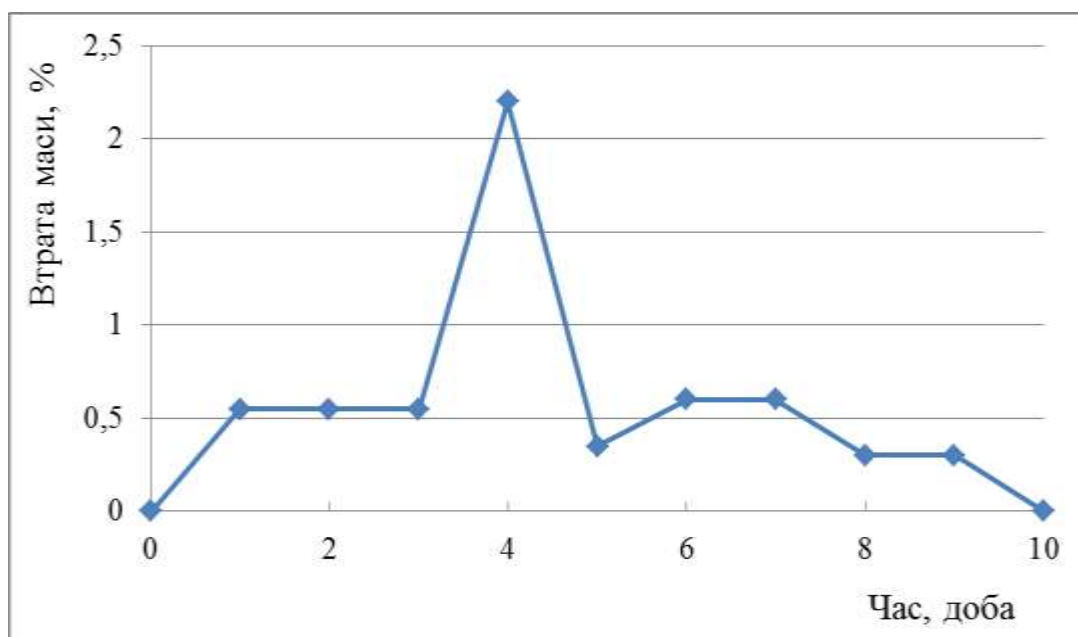


Рис. 5.3. Б) Динаміка втрати маси зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* в дистильованій воді при середньолітній температурі (25°C).

В результаті дослідження відмічено, що найбільша швидкість деструкції в ропі з гіпергалійних водойм Бердянської коси спостерігається в період 10-20 діб (рис. 5.4).

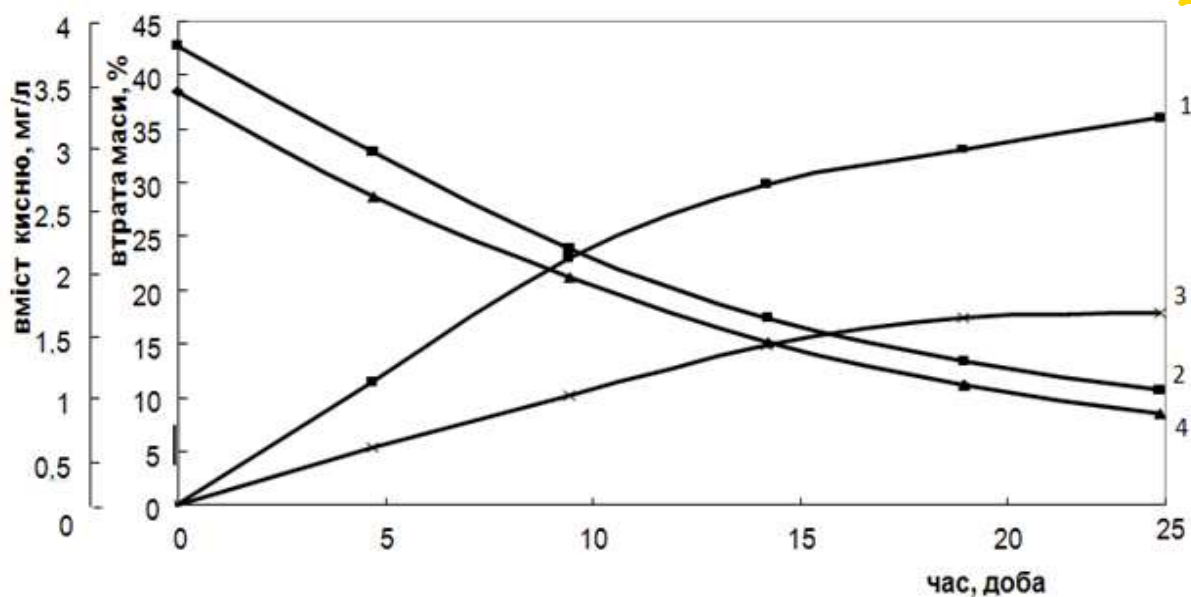


Рис. 5.4. Деструкція органічної речовини зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* і вміст кисню в ропі з гіпергалійних водойм Бердянської коси при різній температурі: криві 1,2 – середньолітня температура (25°C); криві 3,4 – середньорічна температура (14°C) (1,3 – деструкції органічної речовини, 2,4 – вміст кисню).

Схожі тенденції спостерігаються при деструкції органічної зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* в ропі Сакського озера (Східний басейн) (рис. 5.5).

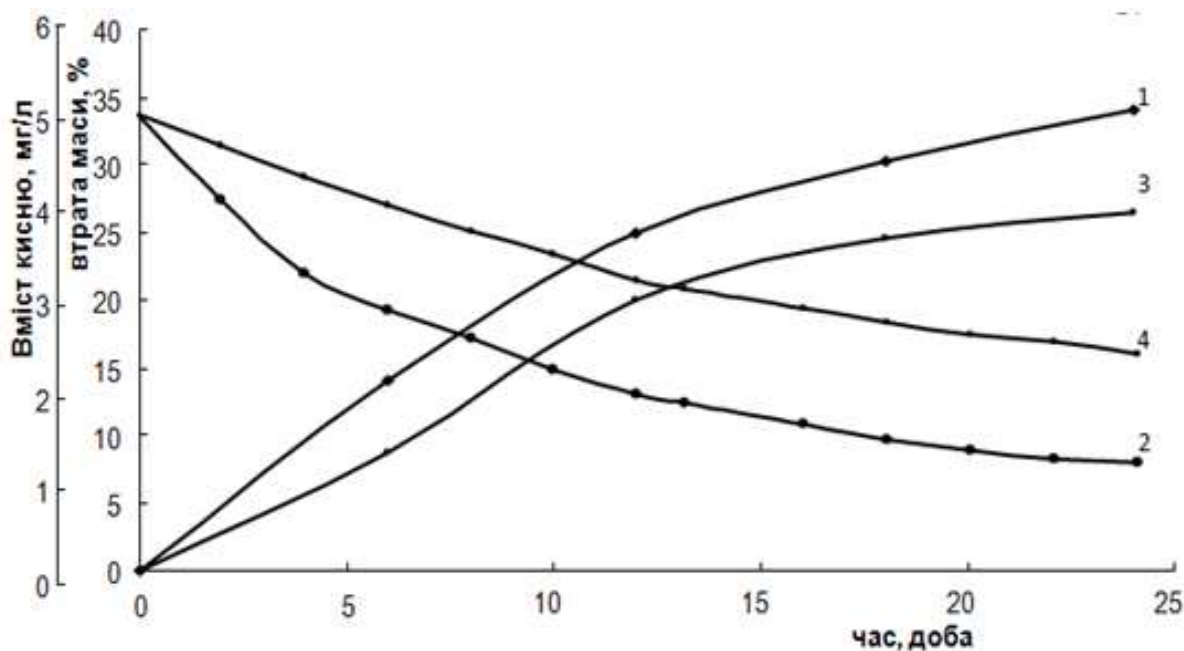
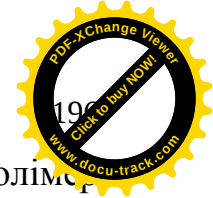
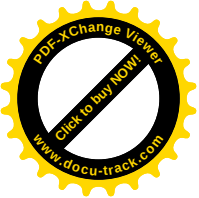


Рис. 5.5. Деструкція органічної речовини зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* і вміст кисню в ропі Сакського озера (Східний басейн) при різній температурі: криві 1,2 – середньолітня температура (25°C); криві 3,4 – середньорічна температура (14°C) (1,3 – деструкція органічної речовини, 2,4 – вміст кисню).



Основним компонентом клітинної оболонки водоростей є полімер целюлоза. Розкладання речовин волокнистої природи починається також на перших його етапах, проте максимуму цей процес досягає на пізніших етапах, що свідчить про більшу стійкість целюлози та речовин подібної природи до розкладу [312, 314, 328]. За сприятливих умов і при достатній експозиції (100-180 діб) клітковина та геміцелюлоза можуть розкладатися на 1/3-1/2 від початкового вмісту [314].

Целюлоза бавовняної тканини має більш виражену кристалічну структуру, що впливає на процес деструкції, сповільнюючи її, що видно при порівнянні даних із деструкції мортмаси водоростей і целюлоз бавовняного походження.

Аналіз деструкції целюлози з бавовняної тканини в ропі Арабатської стрілки свідчить про схожість цього процесу з деструкцією целюлози клітинних водоростей (рис. 5.6) з тією різницею, що максимум спостерігався на 15-у добу. Деструкцію здійснювали лише бактерії, які знаходилися в ропі.

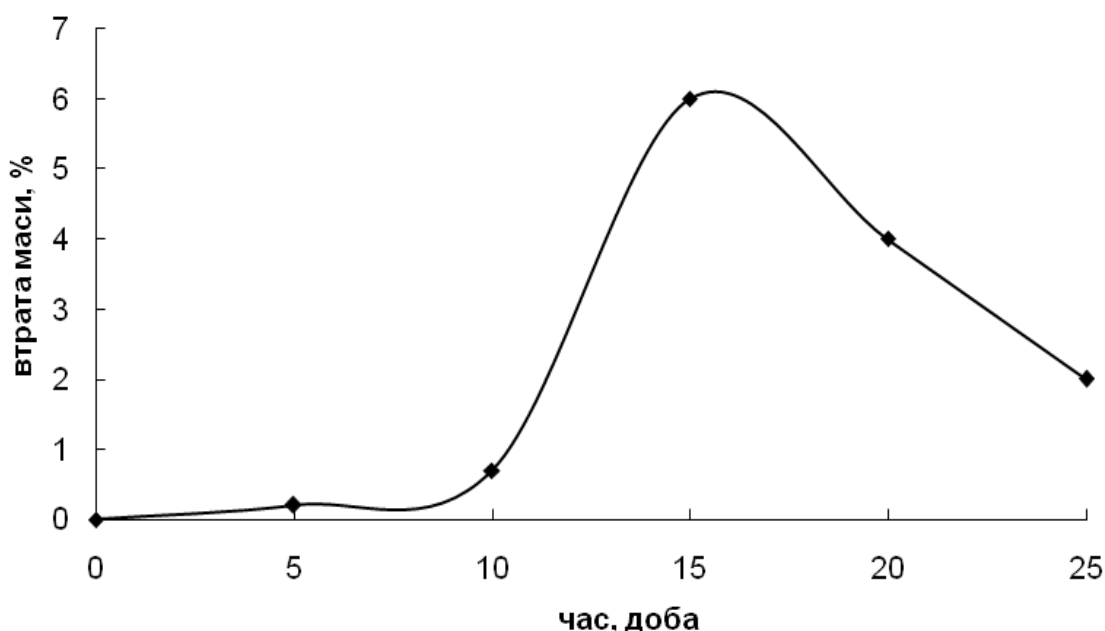


Рис. 5.6. Динаміка втрати маси целюлози в ропі з гіпергалійних водойм Арабатської стрілки при середньолітній температурі (25°C).

Процеси деструкції целюлози в ропі Бердянської коси протікають менш

інтенсивно, ніж на Арабатській стрілці (рис. 5.7). Результати експерименту свідчать, що при середньолітній температурі деструкція целюлози перші 10 діб не перевищує 0,2-0,3% (Бердянська коса) і 0,7-1,0% (коса Арабатська стрілка), після чого спостерігається різкий ріст втрати маси целюлози.

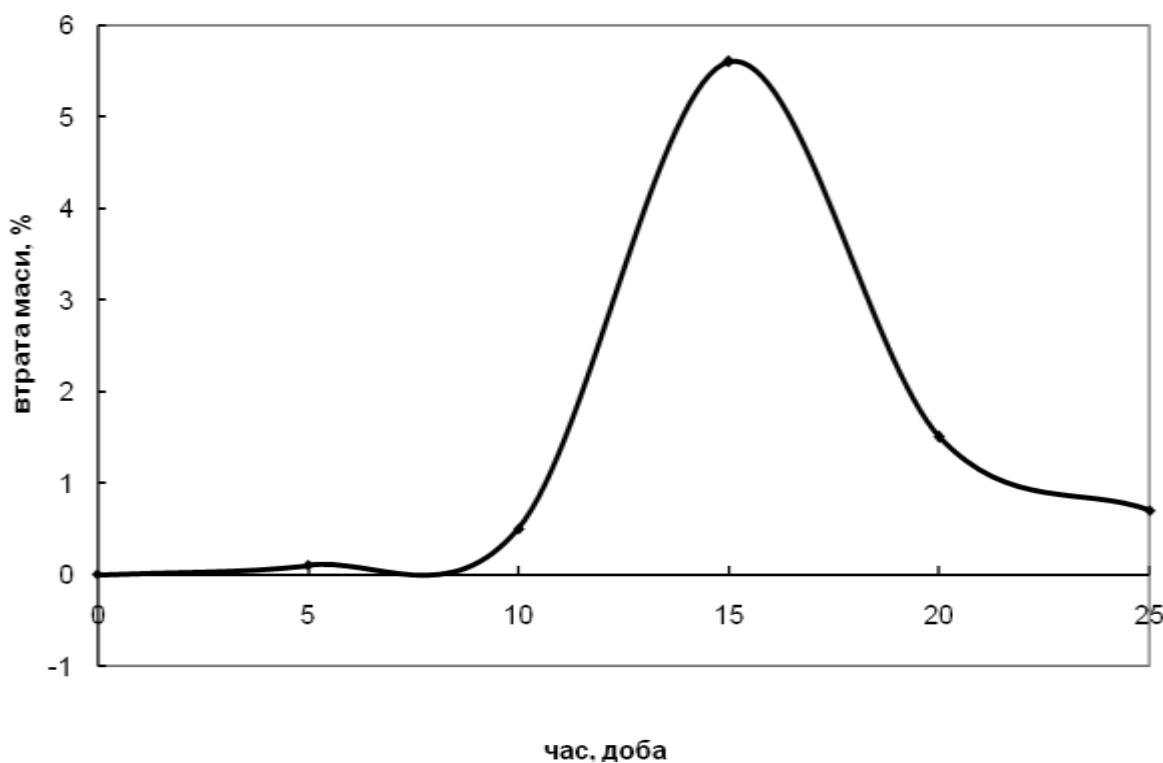


Рис. 5.7. Динаміка втрати маси целюлози в ропі з гіпергалійних водойм Бердянської коси при середньолітній температурі (25°C).

На Арабатській стрілці на 15-у добу деструкція целюлози досягає 6,2-6,3%, потім уповільнюється й крива втрат у масі стає більш пологою. На Бердянській косі максимальне розкладання целюлози також припадає на 15-у добу (5,7-5,8%), а потім спостерігається зменшення швидкості процесів деструкції. При середньорічній температурі картина деструкції целюлози дещо відрізняється: відбувається рівномірне зменшення маси целюлози й на 25-у добу деструкція досягає 0,8% (Бердянська коса) і 2,3% (коса Арабатська стрілка).

На процеси деструкції впливає температура (рис. 5.4). На 25-у добу при літній температурі втрата мортмаси водоростей становили 35-35,5%, а при

середньорічний – 18-18,2%. Якщо порівнювати з аналогічними показниками на Арабатській стрілці, то бачимо, що деструкція мортмаси на Бердянській косі менш інтенсивна, хоча при цьому, спостерігається схожий характер протікання процесу, що підтверджується ідентичним типом кривих деструкції (рис. 5.1 і 5.2).

Таким чином, при літній і середньорічній температурах у ропі Арабатської стрілки, Бердянської коси, Сакського озера відбуваються схожі процеси деструкції мортмаси зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* (рис. 5.6-5.8). Абсолютні показники втрати маси є нижчими при середньорічній температурі в середньому на 25,7-51,0%. Це важливий факт, який необхідно враховувати при моделюванні процесів біохімічної деструкції мортмаси зеленої водорості *Cladophora siwaschensis*.

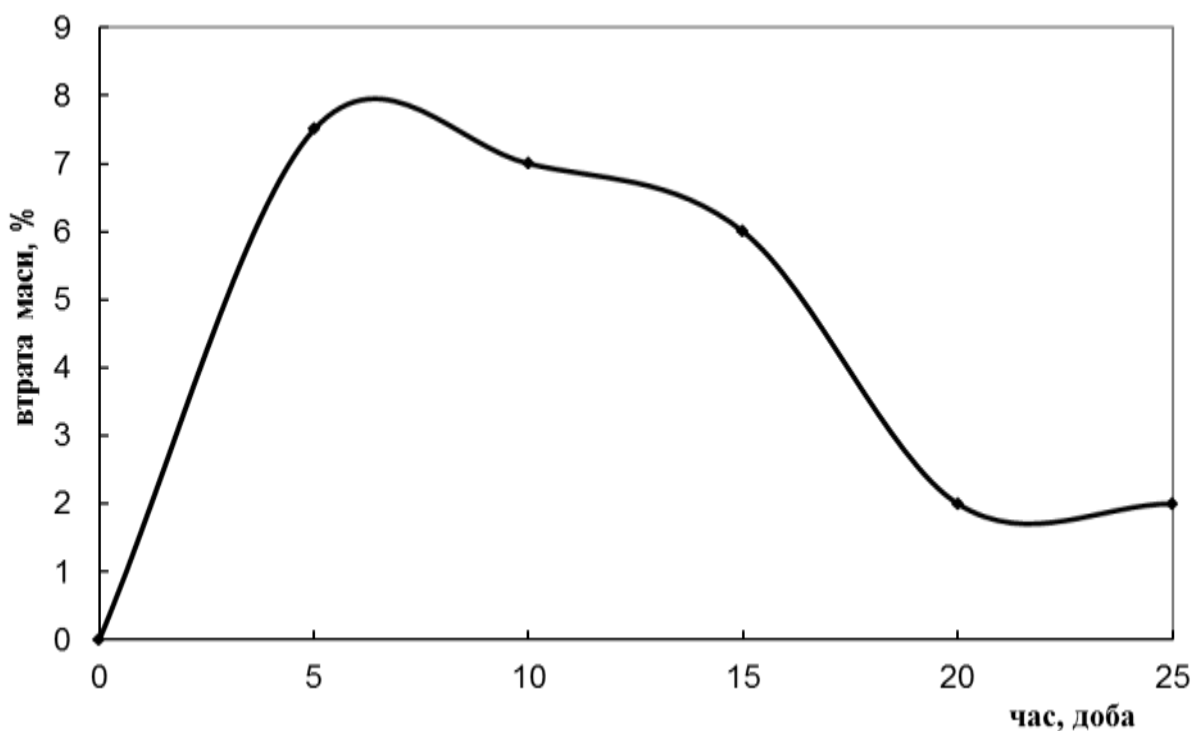


Рис. 5.8. Динаміка втрати маси целюлози в ропі Сакського озера при середньолітній температурі (25°C).

Процес деструкції мортмаси в ропі гіпергалійних водойм Арабатської стрілки супроводжується зниженням кількості розчиненого кисню. При середньолітній температурі на 5-у добу вміст кисню в ропі становив 3,1-3,2

мг/л (початкова кількість – 3,8-3,9 мг/л), на 10-у добу – 2,5-2,6 мг/л. У період максимальної втрати водоростевої маси концентрація кисню становила 2-2,2 мг/л. Мінімальний вміст кисню було зафіксовано на 25 добу – 1,1 мг/л. Аналогічні закономірності спостерігаються й при середньорічній температурі.

В році гіпергалійних водойм Бердянської коси на 5-у добу вміст кисню в ропі становив 2,9-3,0 мг/л, на період максимальної швидкості деструкції – 1,5-1,6 мг/л і на 25-у добу – нижче ніж 1,0-1,1 мг/л. Критичні концентрації кисню 1,1-0,9 мг/л фіксуються з 20-25-ої доби при температурі 25°C і 14°C відповідно, що свідчить про формування анаеробних умов.

У період активного процесу розкладу органічної речовини в ропі коси Арабатська стрілка спостерігається незначне збільшення показників рН і відповідно незначне зменшення Eh. На етапі гальмування швидкості деструкції показник рН зменшується, Eh – збільшується й спостерігається їх стабілізація у всіх варіантах дослідів (рис. 5.9-5.10).

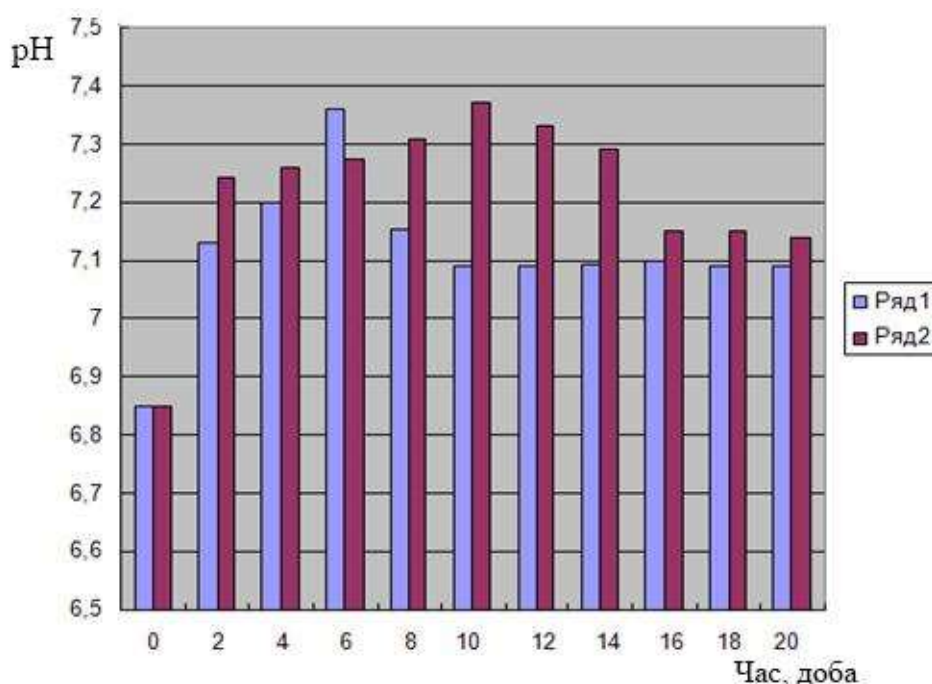


Рис. 5.9. Зміна значення рН у ропі з гіпергалійних водойм Арабатської стрілки в процесі деструкції *Cladophora siwaschensis* при 25°C – ряд 1 і при 14°C – ряд 2.

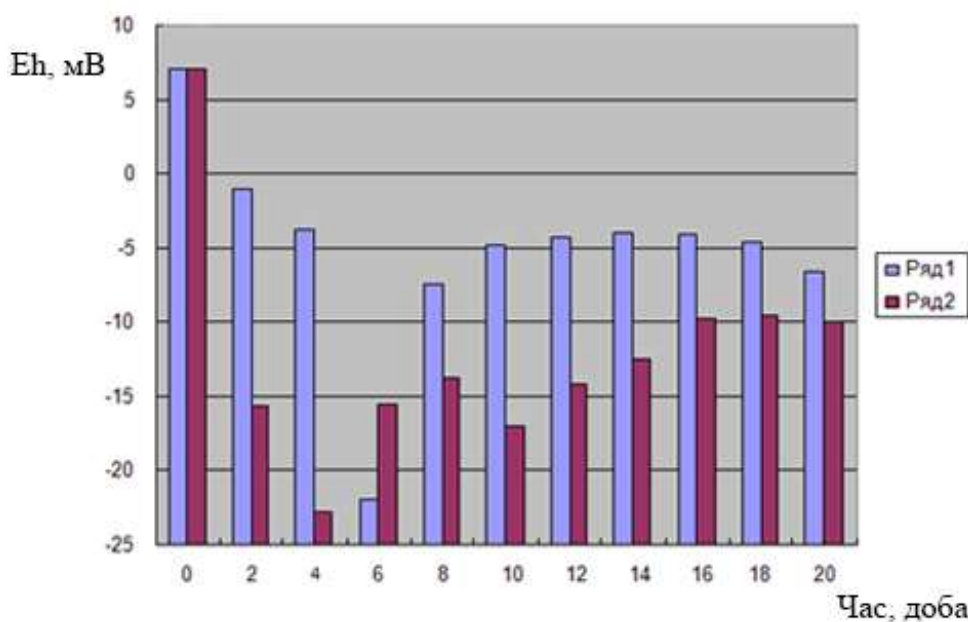


Рис. 5.10. Зміна значення Eh у ропі з гіпергалійних водойм Арабатської стрілки в процесі деструкції *Cladophora siwaschensis* при 25°C – ряд 1 і при 14°C – ряд 2.

Процес деструкції водоростевої органічної речовини в ропі з гіпергалійних водойм Бердянської коси схожий з аналогічними процесами в ропі гіпергалійних водойм коси Арабатська стрілка (рис. 5.11-5.12).

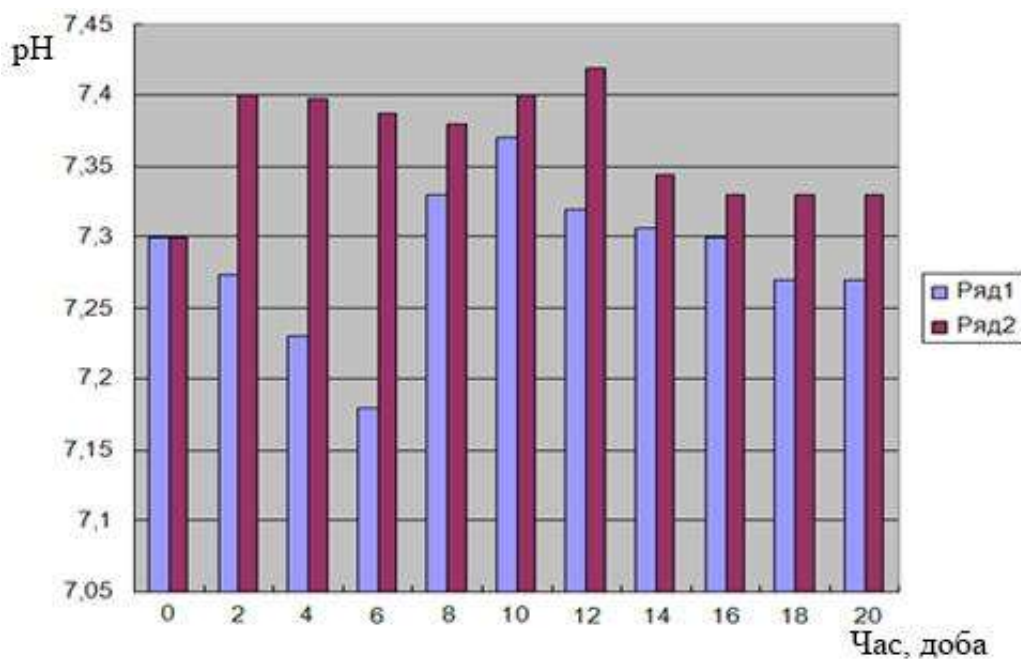


Рис. 5.11. Зміна значення pH у ропі з гіпергалійних водойм Бердянської коси в процесі деструкції *Cladophora siwaschensis* при 25°C – ряд 1 і при 14°C –

ряд 2.

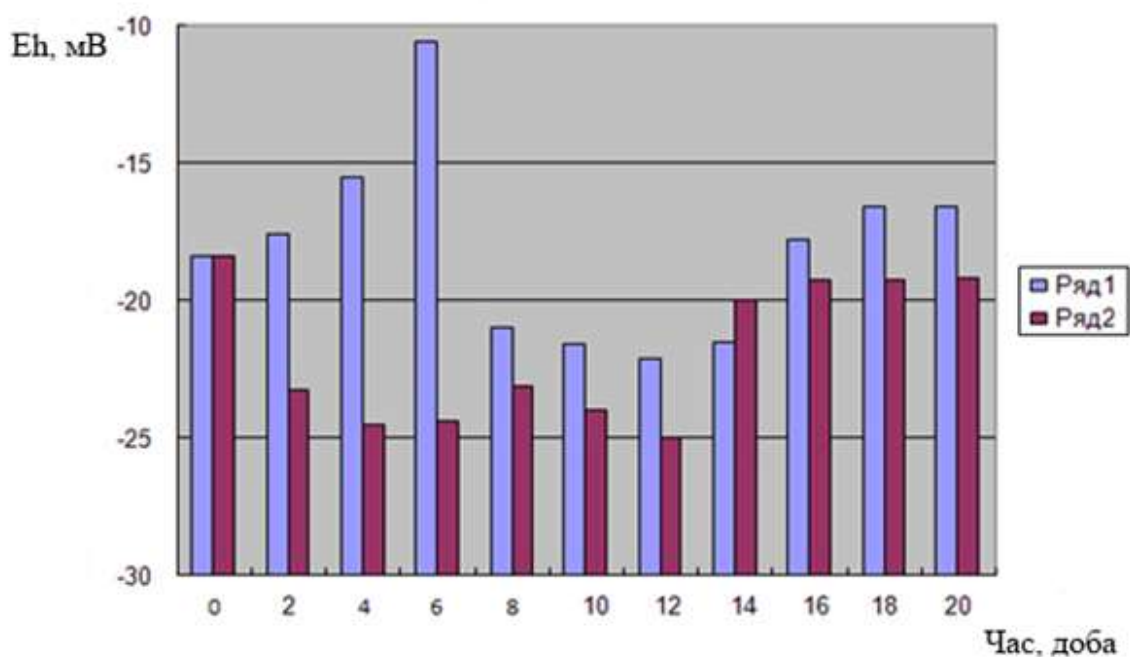


Рис. 5.12. Зміна значення Eh у ропі з гіпергалійних водойм Бердянської коси в процесі деструкції *Cladophora siwaschensis* при 25°C – ряд 1 і при 14°C – ряд 2.

При порівнянні процесів деструкції водоростевої органічної речовини в ропі Сакського озера (Східний басейн) з водоймами полігонів дослідження спостерігаються схожі тенденції (рис. 5.13-5.14).

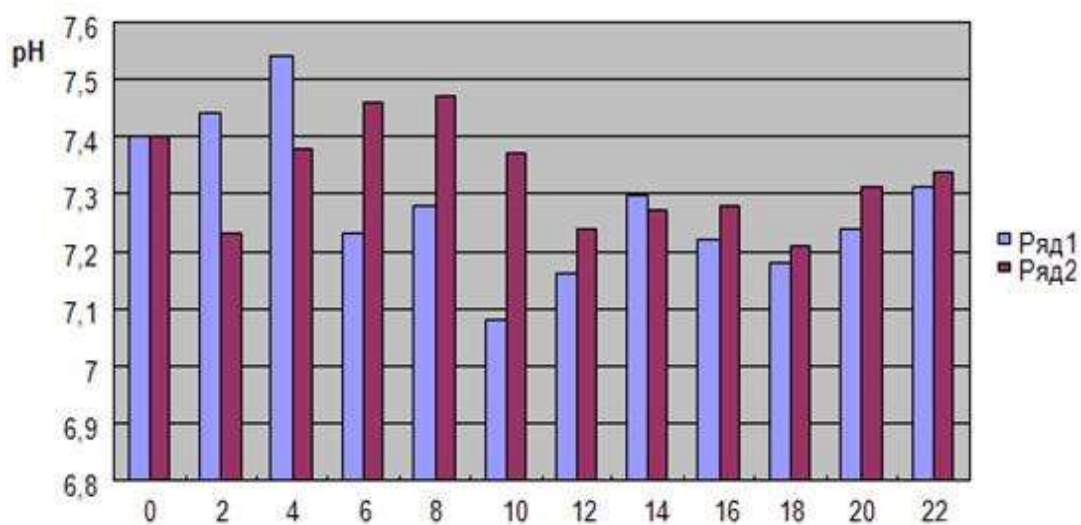


Рис. 5.13. Зміна значення рН ропи Сакського озера (Східний басейн) в процесі деструкції *Cladophora siwaschensis* при 25°C – ряд 1 і при 14°C –

ряд 2.

Eh, мВ

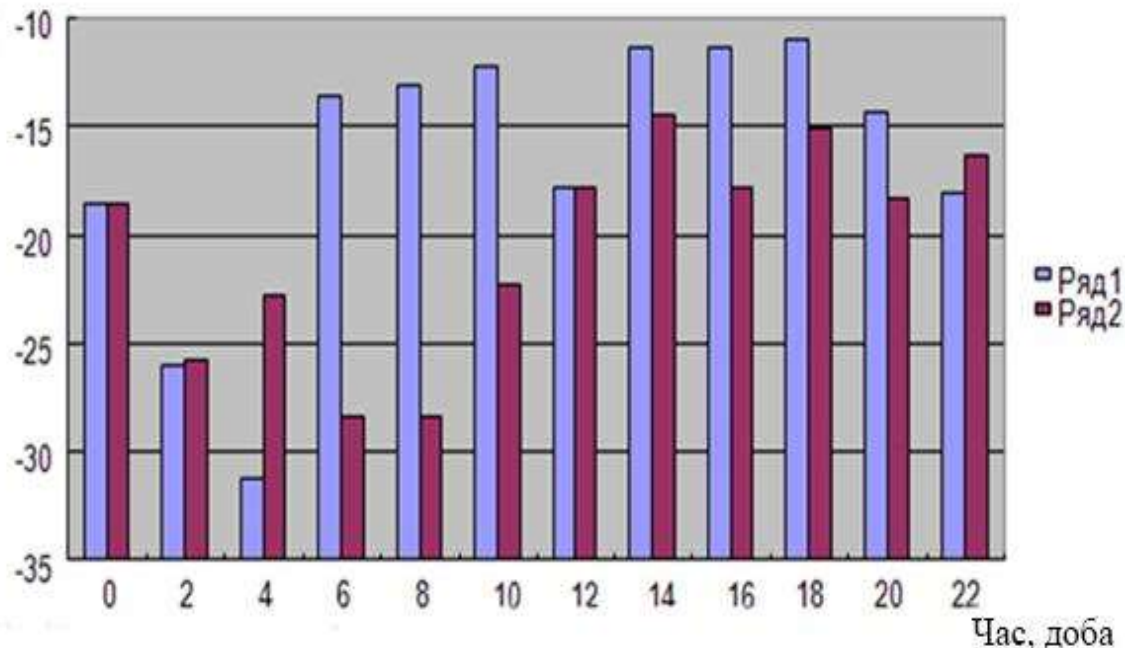


Рис. 5.14. Зміна значення Eh ропи Сакського озера (Східний басейн) у процесі деструкції *Cladophora siwaschensis* при 25°C – ряд 1 і при 14°C – ряд 2.

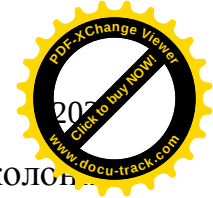
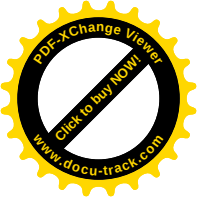
Деструкція мортмаси *Cladophora siwaschensis* відбувається трьома шляхами: цукролітичним, протеолітичним і ліполітичним, які обслуговуються відповідними функціональними групами мікроорганізмів: цукролітиками, протеолітиками та ліполітиками [14].

У результаті експерименту встановлено, що на різних живильних середовищах розвиваються різні типи колоній [340].

Крохмальний агар: колонії цукролітиків молочного кольору (зрідка трапляються колонії жовтуватого кольору). Молоді колонії мали округлу форму чи були дрібними, точковими; при старінні колонії зливалися, утворюючи суцільний наліт молочного або світло-кремового кольору (рис. Б.1).

При мікроскопіюванні колоній було видно скупчення бактерій коко- та паличкоподібної форми (рис. Б.2, рис. Б.3).

М'ясо-пептонний агар: колонії протеолітиків, врослі в агар, були



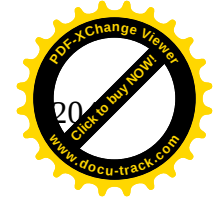
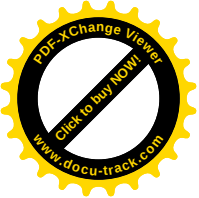
сіруватого кольору. Молоді колонії мали чіткі рівні краї. При старінні колонії ставали фестончатими, поверхневими, опуклими (рис. Б.4). При мікроскопіюванні спостерігалися масові скупчення паличкоподібних бактерій (рис. Б.5).

Агар зі свинячим смальцем: колонії ліполітиків кремового кольору місцями з'єднуються між собою (рис. Б.6). При мікроскопіюванні було видно масові скупчення паличкоподібних бактерій (палички коротші, ніж на м'ясо-пептонному агарі) і коки, зібрані в суцільний слиз. Зрідка трапляються волосоподібні вигнуті бактерії, можливо, це чохли ниткоподібних сіркобактерій (рис. Б.7, рис. Б.8, рис. Б.9).

У процесі деструкції мортмаси *Cladophora siwaschensis* в аеробних умовах задіяні всі основні трофічні групи мікроорганізмів гідролітиків: цукролітики, протеолітики, ліполітики [29, 340].

В аеробній деструкції целюлози беруть участь цукролітичні гідролітики. На першій стадії ферменти, що виділяються цукролітичними гідролітиками, руйнують кристалічні ділянки целюлози й роблять їх доступними для дії інших ферментів. Передбачають, що ферменти першої групи руйнують водневі зв'язки в целюлозі й утворюють з її макромолекулами нові водневі зв'язки. Після цього починається дія інших ферментів, які викликають статистичну деструкцію та деполімеризацію. При цьому, утворюється целотріоза та целобіоза, які вже можуть бути субстратом для дисіпотрофних бродильників. Одночасно з цим відбувається повний гідроліз целобіози й целотріози (а також інших олігоцукрів і целодекстринів із низьким ступенем полімеризації) до глюкози. Глюкоза є основним субстратом для дисіпотрофних бродильників [14].

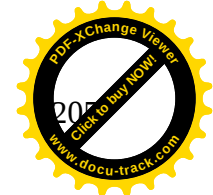
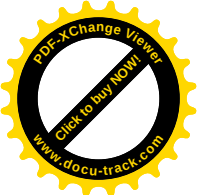
Найбільша чисельність усіх груп бактерій-деструкторів цукролітиків і протеолітиків із ропи гіпергалійних водойм коси Арабатська стрілка на елективних середовищах спостерігалася з 4-ої до 18-ої доби, а ліполітиків – із 10-ої до 18-ої доби при середньолітній температурі, а при середньорічній – цукролітиків – із 4-ої до 25-ої доби, протеолітиків – із 4-ої до 18-ої, а



ліполітиків – із 10-ої до 16-ої.

При середньорічній температурі чисельність бактерій цукролітиків у вихідній ропі гіпергалійних водойм Арабатської стрілки не перевищує 150 КУО/мл. Починаючи з 4-ої доби дослідів з мортмасою водорості, чисельність цукролітиків різко зростала й досягала максимуму в інтервалі 16-18-ої доби. При цьому показники в 160-170 раз перевищували вихідні. На 20-у добу чисельність бактерій зменшилася приблизно в 2,5 рази порівняно з максимумом. При середньолітній температурі посіви на діагностичних середовищах показали, що чисельність бактерій цукролітиків у вихідній ропі не перевищує 200 КУО/мл. Починаючи з 4-ої доби дослідів, чисельність цукролітиків різко зростала й досягала максимуму в інтервалі 10-18-ої доби. При цьому показники в 1000 разів перевищували вихідні. На 20-у добу чисельність бактерій знизилася приблизно в 10 разів порівняно з максимумом.

Посіви на діагностичних середовищах свідчать, що чисельність бактерій цукролітиків у вихідній ропі гіпергалійних водойм Бердянської коси не перевищувала 120 КУО/мл при середньолітній температурі. Починаючи з 4-ої доби дослідів, чисельність цукролітиків різко зростала й досягала максимуму в інтервалі 14-18 діб. При цьому показники в 1700 раз перевищували вихідні. На 20-у добу чисельність бактерій знизилася приблизно в 10 раз порівняно з максимумом. При середньорічній температурі цукролітичних бактерій у вихідній ропі не виявлено. Цукролітики з'являлися в ропі з наважкою водорості на 2-у добу в кількості 100 КУО/мл. Починаючи з 4-ої доби дослідів, чисельність цукролітиків різко зростала й досягла максимуму на 16-у добу. При цьому показники в 350 раз перевищували вихідні. На 20-у добу чисельність бактерій знизилася приблизно у 2 рази порівняно з максимумом. Як і на Арабатській стрілці, процеси первинної деструкції полісахаридів спостерігалися в перші 14-20 діб. Цей процес відбувався завдяки наявності цукролітиків, вміст яких може досягати у гіпергалійних водойм Бердянської коси 200000 КУО/мл і 3500 КУО/мл при

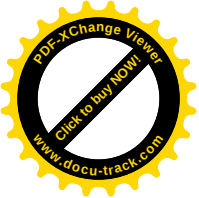


середньолітній і середньорічній температурі відповідно.

Загалом процес деструкції органічної речовини *Cladophora siwaschensis* у ропі Сакського озера (Східний басейн) багато в чому схожий із відповідним у ропі гіпергалійних водойм Арабатської стрілки й Бердянської коси. Але є й незначна відмінність: найбільш чисельною групою мікроорганізмів-деструкторів у ропі Сакського озера (Східний басейн) є цукролітики, чисельність яких досягає 250000 КУО/мл і 28000 КУО/мл при середньолітній і середньорічній температурі, а в ропі гіпергалійних водойм Арабатської стрілки й Бердянської коси – не більше 200000 КУО/мл і 25000 КУО/мл відповідно (табл. 5.1).

Чисельність протеолітиків у вихідній ропі Арабатської стрілки при середньорічній температурі не перевищувала 150 КУО/мл. До 4-ої доби вона зросла в 100 раз і досягла максимуму на 10-у добу, перевищуючи вихідні показники в 4000 раз. Починаючи з 12-ої доби, чисельність протеолітиків плавно знижувалася й до кінця експерименту не перевищувала 10000 КУО/мл. При середньорічній температурі чисельність протеолітиків у вихідній ропі не перевищує 100 КУО/мл. Починаючи з 4-ої доби досліду, чисельність протеолітиків різко зростала й досягала максимуму на 16-у добу. При цьому показники в 550 раз перевищували вихідні. До 20-ої доби чисельність бактерій знизилася приблизно в 55 раз порівняно з максимумом.

При середньорічній температурі протеолітиків у вихідній ропі гіпергалійних водойм Бердянської коси не виявлено. Протеолітики з'явилися на 2-у добу в кількості 230 КУО/мл. До 4-ої доби їх кількість зросла в 56 раз і досягла максимуму на 10-у добу, перевищуючи вихідні показники майже у 2000 раз. Починаючи з 12-ої доби, чисельність гетеротрофних бактерій плавно знижувалася й до кінця експерименту не перевищувала 20000 КУО/мл. При середньорічній температурі протеолітиків у вихідній ропі також не зафіксовано. Протеолітики з'явилися на 2-у добу в кількості 100 КУО/мл. Починаючи з 4-ої доби досліду, чисельність гетеротрофних бактерій різко зростала й досягла максимуму на 10-12-у добу. При цьому показники в



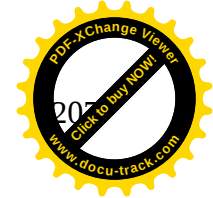
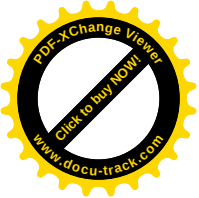
420 раз перевищували вихідні. До 25-ої доби чисельність бактерій знизилася приблизно у 21 раз порівняно з максимумом.

Найбільш чисельною групою в ропі гіпергалійних водойм Бердянської коси є протеолітики – 450000 і 42000 КУО/мл при середньолітній і середньорічній температурі відповідно). Субдомінантами були цукролітики (табл. 5.1). Ці види мікроорганізмів-деструкторів відігравали провідну роль і при деструкції органічної речовини зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* у ропі гіпергалійних водойм Арабатської стрілки.

Таблиця 5.1

Динаміка чисельності мікроорганізмів-деструкторів (КУО × 10⁴ в мл) мортмаси зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* у ропі

Час, доба	Ропи з гіпергалійних водойм Арабатської стрілки			Ропи з гіпергалійних водойм Бердянської коси			Ропи із Сакського озера (Східний басейн)		
	Цукролітичні	Протеолітичні	Ліполітичні	Цукролітичні	Протеолітичні	Ліполітичні	Цукролітичні	Протеолітичні	Ліполітичні
2	$\frac{0,03 \pm 0,005}{0,02 \pm 0,005}$	$\frac{0,025 \pm 0,004}{0,015 \pm 0,003}$	-	$\frac{0,02 \pm 0,002}{0,01 \pm 0,002}$	$\frac{0,023 \pm 0,002}{0,01 \pm 0,002}$	-	$\frac{0,04 \pm 0,002}{0,03 \pm 0,001}$	$\frac{0,01 \pm 0,001}{-}$	-
4	$\frac{2 \pm 0,1}{1,2 \pm 0,1}$	$\frac{1,5 \pm 0,2}{1 \pm 0,1}$	$\frac{0,04 \pm 0,005}{0,01 \pm 0,005}$	$\frac{1,8 \pm 0,2}{0,12 \pm 0,01}$	$\frac{1,3 \pm 0,2}{0,13 \pm 0,01}$	$\frac{0,02 \pm 0,002}{0,01 \pm 0,002}$	$\frac{2,5 \pm 0,2}{1,4 \pm 0,1}$	$\frac{0,05 \pm 0,01}{0,04 \pm 0,005}$	$\frac{0,01 \pm 0,002}{-}$
6	$\frac{2,1 \pm 0,2}{1,5 \pm 0,1}$	$\frac{1,7 \pm 0,2}{1,5 \pm 0,2}$	$\frac{0,06 \pm 0,006}{0,03 \pm 0,004}$	$\frac{1,9 \pm 0,3}{0,15 \pm 0,02}$	$\frac{1,5 \pm 0,2}{0,14 \pm 0,02}$	$\frac{0,04 \pm 0,01}{0,02 \pm 0,01}$	$\frac{2,6 \pm 0,3}{1,6 \pm 0,2}$	$\frac{0,07 \pm 0,02}{0,05 \pm 0,01}$	$\frac{0,02 \pm 0,005}{-}$
8	$\frac{2,3 \pm 0,2}{1,8 \pm 0,2}$	$\frac{1,8 \pm 0,2}{1,7 \pm 0,2}$	$\frac{0,07 \pm 0,02}{0,04 \pm 0,01}$	$\frac{2 \pm 0,4}{0,2 \pm 0,03}$	$\frac{1,6 \pm 0,2}{0,16 \pm 0,01}$	$\frac{0,05 \pm 0,01}{0,04 \pm 0,01}$	$\frac{2,7 \pm 0,4}{2 \pm 0,3}$	$\frac{0,08 \pm 0,02}{0,06 \pm 0,01}$	$\frac{0,04 \pm 0,01}{0,02 \pm 0,005}$
10	$\frac{20 \pm 3}{2 \pm 0,3}$	$\frac{60 \pm 5}{2,5 \pm 0,3}$	$\frac{15 \pm 3}{1,5 \pm 0,2}$	$\frac{15 \pm 2}{1,5 \pm 0,2}$	$\frac{45 \pm 4}{4 \pm 0,5}$	$\frac{3 \pm 0,4}{0,35 \pm 0,03}$	$\frac{3,0 \pm 0,4}{2,2 \pm 0,2}$	$\frac{0,2 \pm 0,05}{0,15 \pm 0,05}$	$\frac{0,1 \pm 0,05}{0,1 \pm 0,05}$
12	$\frac{20 \pm 4}{2 \pm 0,3}$	$\frac{40 \pm 4}{2,5 \pm 0,3}$	$\frac{16 \pm 2}{1,6 \pm 0,3}$	$\frac{17 \pm 2}{1,7 \pm 0,3}$	$\frac{44 \pm 5}{4,2 \pm 0,3}$	$\frac{3,2 \pm 0,2}{0,55 \pm 0,03}$	$\frac{25 \pm 2}{2,2 \pm 0,3}$	$\frac{0,15 \pm 0,05}{0,15 \pm 0,05}$	$\frac{0,16 \pm 0,05}{0,16 \pm 0,05}$

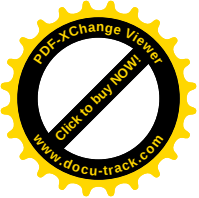


Таблиця 5.1 (продовження)

Час, доба	Ропа з гіпергалійних водойм Арабатської стрілки			Ропа з гіпергалійних водойм Бердянської коси			Ропа із Сакського озера (Східний басейн)		
	Цукролітичні	Протеолітичні	Ліполітичні	Цукролітичні	Протеолітичні	Ліполітичні	Цукролітичні	Протеолітичні	Ліполітичні
14	$\frac{20 \pm 4}{2,2 \pm 0,3}$	$\frac{30 \pm 4}{5 \pm 0,5}$	$\frac{16 \pm 3}{1,7 \pm 0,2}$	$\frac{20 \pm 3}{2 \pm 0,5}$	$\frac{30 \pm 3}{3 \pm 0,5}$	$\frac{4,2 \pm 0,2}{1,2 \pm 0,1}$	$\frac{25 \pm 3}{2,4 \pm 0,4}$	$\frac{0,18 \pm 0,05}{0,18 \pm 0,05}$	$\frac{0,16 \pm 0,05}{0,16 \pm 0,05}$
16	$\frac{20 \pm 3}{2,5 \pm 0,4}$	$\frac{20 \pm 3}{5,5 \pm 0,4}$	$\frac{15 \pm 2}{1,5 \pm 0,2}$	$\frac{20 \pm 2}{2,2 \pm 0,3}$	$\frac{20 \pm 2}{3,0 \pm 0,3}$	$\frac{1,5 \pm 0,1}{1,4 \pm 0,1}$	$\frac{20 \pm 2}{2,6 \pm 0,3}$	$\frac{0,18 \pm 0,05}{0,18 \pm 0,05}$	$\frac{0,15 \pm 0,05}{0,15 \pm 0,05}$
18	$\frac{20 \pm 3}{2,5 \pm 0,4}$	$\frac{10 \pm 1}{5 \pm 0,5}$	$\frac{1 \pm 0,2}{0,1 \pm 0,01}$	$\frac{20 \pm 2}{2,0 \pm 0,3}$	$\frac{10 \pm 2}{1,5 \pm 0,3}$	$\frac{0,9 \pm 0,1}{0,7 \pm 0,1}$	$\frac{20 \pm 2}{2,8 \pm 0,4}$	$\frac{0,09 \pm 0,04}{0,08 \pm 0,04}$	$\frac{0,08 \pm 0,04}{0,07 \pm 0,03}$
20	$\frac{2 \pm 0,5}{1 \pm 0,3}$	$\frac{1 \pm 0,2}{0,1 \pm 0,04}$	$\frac{0,5 \pm 0,01}{0,07 \pm 0,01}$	$\frac{1,8 \pm 0,3}{2,0 \pm 0,2}$	$\frac{4,0 \pm 0,2}{1,0 \pm 0,1}$	$\frac{0,4 \pm 0,02}{0,3 \pm 0,02}$	$\frac{2,0 \pm 0,3}{1,1 \pm 0,2}$	$\frac{0,05 \pm 0,01}{0,04 \pm 0,005}$	$\frac{0,04 \pm 0,005}{0,04 \pm 0,005}$
25	$\frac{2 \pm 0,4}{1 \pm 0,2}$	$\frac{1 \pm 0,2}{0,1 \pm 0,04}$	$\frac{0,5 \pm 0,05}{0,06 \pm 0,004}$	$\frac{2 \pm 0,3}{2 \pm 0,4}$	$\frac{2,0 \pm 0,2}{0,2 \pm 0,03}$	$\frac{0,3 \pm 0,02}{0,2 \pm 0,01}$	$\frac{1,8 \pm 0,3}{1 \pm 0,2}$	$\frac{0,05 \pm 0,005}{0,03 \pm 0,003}$	$\frac{0,03 \pm 0,005}{0,02 \pm 0,005}$
контроль	$\frac{0,02 \pm 0,002}{0,015 \pm 0,002}$	$\frac{0,015 \pm 0,002}{0,01 \pm 0,002}$	-	$\frac{0,012 \pm 0,001}{-}$	-	-	$\frac{0,03 \pm 0,001}{0,02 \pm 0,001}$	-	-

Примітка: чисельник – при середньолітній температурі (25°C); знаменник – при середньорічній температурі (14°C); контроль – вихідна ропа без біомаси водорості.

У ропі Сакського озера (Східний басейн) спостерігається найменша чисельність протеолітиків і ліполітиків, яка при середньолітній температурі та середньорічній досягала 1800 і 1600 КУО/мл відповідно, а на Арабатській стрілці при середньолітній – 600000 і 160000 КУО/мл (при середньорічній –



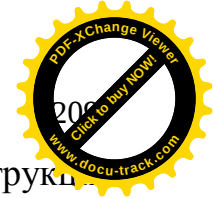
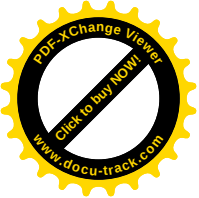
55000 і 17000 КУО/мл), на Бердянській косі – при середньолітній – 45000 і 42000 КУО/мл (при середньорічній – 1800 і 1600 КУО/мл).

Процес деструкції ліпідів активно починається тільки з 10-ої доби після руйнування кристалічних ділянок целюлози клітинних оболонок водоростей, що відкриває доступ до них бактерій-ліполітиків. Чисельність ліполітичних бактерій у вихідній ропі незначна. Вони не виявлені ні при середньолітній температурі, ні при середньорічній. Цілком ймовірно, що їхня чисельність була меншою ніж 100 КУО/мл.

Ліполітичні бактерії при середньолітній температурі в ропі Арабатської стрілки починали фіксувати з 4-ої доби дослідів. Максимум чисельності ліполітичних бактерій припадав на 10-14-у добу й досягав 160000 КУО/мл (показники перевищували вихідні в 400 раз). Починаючи з 18-ої доби й до кінця експерименту, їхня чисельність різко знижувалася.

Максимум чисельності ліполітичних бактерій при середньорічній температурі припадав на 10-16-у добу й досягав 17000 КУО/мл (показники перевищували вихідні в 170 раз). Починаючи з 18-ої доби й до кінця експерименту, їхня чисельність різко знизилася приблизно у 27-29 раз порівняно з максимумом.

Ліполітичні бактерії при середньолітній температурі у вихідній ропі гіпергалійних водойм Бердянської коси не були виявлені. Ймовірно, чисельність ліполітичних бактерій у вихідній ропі, як і на Арабатській стрілці, не перевищує 100 КУО/мл. Ліполітичні бактерії з'явилися на 4-у добу в кількості 200 КУО/мл. Максимум чисельності ліполітичних бактерій припадав на 16-у добу, коли їх кількість досягала 150000 КУО/мл (показники перевищували вихідні в 750 раз). Починаючи з 18-ої доби й до кінця експерименту, їх чисельність різко знижувалася. При середньорічній температурі ліполітичних бактерій у вихідній ропі також не було виявлено. Максимум чисельності ліполітичних бактерій припадав на 16-у добу й досягав 14000 КУО/мл (показники перевищували вихідні в 140 раз). Починаючи з 18-ої доби й до кінця експерименту, їх чисельність різко

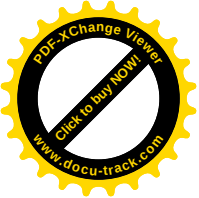


знизилася приблизно в 4,5 рази порівняно з максимумом. Процеси деструкції органічної речовини зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* у ропі гіпергалійних водойм Бердянської коси розвивалися менш інтенсивно, ніж аналогічні процеси на Арабатській стрілці. Однією з причин більш інтенсивної деструкції органічної речовини мортмаси водорості є більша кількість протеолітиків і цукролітиків у вихідній ропі Арабатської стрілки порівняно з Бердянською косою.

Отже, на деструкцію органічної речовини зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* впливає температура. Більш інтенсивно деструкція відбувалася при середньолітній температурі, що пояснюється оптимальнішими умовами розвитку мікроорганізмів. Так, на 25-у добу при літній температурі втрати мортмаси водоростей становили 41%, а при середньорічній – 22%.

Найбільше споживання кисню в усіх варіантах дослідів відповідає періоду найактивнішої деструкції. У ході деструкції відбувається зменшення концентрації кисню й на 20-25-у добу становить 1,4-1,1 мг/л при середньолітній температурі та 1,1-1,0 мг/л при середньорічній температурі. Зменшення концентрації кисню й перехід до анаеробної фази деструкції супроводжується зміною складу гідролітиків з аеробної групи на анаеробну. Це фіксується на графіках 5.1-5.3 через гальмування процесів деструкції та зменшення чисельності аеробних бактерій деструкторів.

Основну роль у розкладанні органічної речовини наважки водорості відіграють бактерії ропи. Втрата ваги водоростевої наважки за рахунок бактерій, асоційованих із водоростевою масою, становить 2%. Пік росту чисельності бактерій-деструкторів збігається з максимумом втрати маси наважки водоростей. Слід зазначити, що в міру того, як стають доступними основні компоненти органічної речовини, спостерігається певна послідовність реєстрації максимальних показників чисельності цукролітиків, протеолітиків і ліполітиків. Спочатку збільшується кількість цукролітиків, потім протеолітиків і ліполітиків. Це може бути пов'язано з поетапним характером руйнування водоростевих клітин і, відповідно, із доступністю



органічних сполук для бактерій-деструкторів.

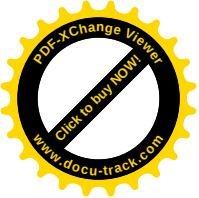
Чисельність бактерій-деструкторів у ропі різних гіпергалійних водойм дещо відрізняється, що відбивається на швидкості деструкції, проте не змінює її основних закономірностей. Так, у ропі гіпергалійних водойм Арабатської стрілки та Бердянської коси співвідношення максимальних показників чисельності цукролітиків до протеолітиків і ліполітиків характеризується таким числовим рядом: 200000 КУО/мл: 600000 КУО/мл: 160000 КУО/мл і 200000 КУО/мл: 450000 КУО/мл: 42000 КУО/мл, а в ропі Сакського озера (Східний басейн) – 250000 КУО/мл: 2000 КУО/мл: 1600 КУО/мл відповідно при середньолітній температурі та 22000 КУО/мл: 55000 КУО/мл: 17000 КУО/мл і 22000 КУО/мл: 42000 КУО/мл: 14000 КУО/мл і 28000 КУО/мл: 1800 КУО/мл: 1600 КУО/мл – при середньорічній температурі.

Таким чином, у ропі гіпергалійних водойм Арабатської стрілки, Бердянської коси та Сакського озера (Східний басейн) відбуваються схожі процеси мікробіологічного й біохімічного перетворення органічних речовин водоростей, унаслідок чого створюються передумови для виникнення органічних складників пелоїдів.

5.3. Деструкція макроскопічних розростань з домінуванням ціанопрокаріотичної водорості *Lyngbya aestuarii*

Органічна речовина макроскопічних розростань ціанопрокаріот гіпергалійних водойм розкладається за участю різних функціональних груп мікроорганізмів.

Процес розкладу органічної речовини ціанопрокаріот, залежно від ступеня деталізації, можна поділити на певні етапи. Наприклад, за швидкістю розкладу Г. Годшалк і Р. Ветцель [325] виділяють три етапи. Doemel і Brock [341] на основі вивчення деструкційних процесів у ціанобактеріальних матах виділяють два етапи. Перший етап триває 2-4 тижні. Упродовж цього часу, ймовірно, розкладаються легкоруйнівні речовини.



Другий етап відбувається протягом року. На цій стадії руйнуються сполуки, що важко розкладаються.

Керуючись тим, що всі біохімічні процеси, які відбуваються під час розкладу водоростевих залишків, пов'язані з дією мікроорганізмів, виділяють етапи за домінуванням цукролітичного, протеолітичного та ліполітичного шляхів залежно від чисельності відповідної групи мікроорганізмів.

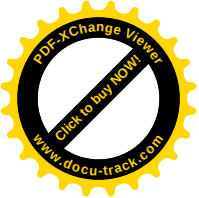
До складу клітинних оболонок, слизових чохлах та інших субклітинних компонентів ціанопрокаріотичних водоростей входять різноманітні полісахариди [342].

Склад полісахаридів може відбиватися на особливостях деструкційних процесів. Показники щодо складу вуглеводів ціанопрокаріот не однозначні й наявні для незначної кількості видів. За даними дослідників [342], кількість вуглеводів у різних видів ціанопрокаріот коливається в широкому діапазоні – від 7,44% до 70%. Особливістю ціанопрокаріотичних водоростей є відсутність (або наявність лише незначної кількості) непов'язаних моносахаридів [342].

Значний інтерес представляють сульфополісахариди ціанопрокаріотів, вміст яких може досягати 30%. Функціональна роль їх ще недостатньо з'ясована. Запасний полісахарид ціанопрокаріот – глікоген, за даними дослідників [343], відрізняється меншою розчинністю у воді й здатністю до утворення (разом із білками) глікопротеїдів.

Одним із структурних полісахаридів деяких видів ціанопрокаріотичних водоростей є целюлоза. Наприклад, в оболонках *Scytonema hofmannii*, *Stigonema ocellatum* виявлено пектинові речовини та геміцелюлозу; *Tolypothrix tenuis* і представники роду *Nostoc* у слизу містили мікрофібрили целюлози. Поряд із даними, що целюлоза водоростей є подібною до целюлози вищих рослин, в літературі наявні відомості [344, 345] й про те, що целюлоза, виділена з клітин водоростей, має більшу стійкість до гідролізу, ніж целюлоза вищих рослин.

У складі оболонки клітин ціанопрокаріот виявлені різні компоненти, у



тому числі мукополімерні сполуки. Склад муреїну в клітинних оболонках різних видів відрізняється [342].

Загалом, як свідчать наявні результати досліджень, вуглеводи ціанопрокаріот відрізняються співвідношенням моносахаридів у будові. Ці водорості можуть мати індивідуальні полісахариди, що є їхньою специфічною ознакою. Наприклад, у них міститься фукоза, яка практично не трапляється у вищих рослин [342], а серед водоростей – виділена лише в бурих. Досить специфічними є аміноцукри, які не властиві рослинним організмам, а характерні для тварин і бактерій. У ціанопрокаріот виявлено також малопоширені в рослинних організмах і, відповідно, малодосліджені сполуки.

Таким чином, ціанопрокаріоти характеризуються своєрідністю будови та особливим складом полісахаридів, що відображається на доступності цих водоростей для деструкції.

Як свідчать літературні джерела, доступність для розкладу речовин слизових чохлах ціанопрокаріот є низькою [342].

У ході експерименту було досліджено деструкцію макроскопічних розростань ціанопрокаріоти *Lyngbya aestuarii* у ропі гіпергалійних водойм Арабатської стрілки й Бердянської коси.

В результаті проведеного досліду, було встановлено, що деструкція органічної речовини ціанопрокаріотичної водорості *Lyngbya aestuarii* у ропі, відібраної з гіпергалійних водойм коси Арабатська стрілка й Бердянської коси відбувається у два послідовні етапи. На першому етапі руйнуються переважно білковий і ліпідний компоненти водоростевої мортмаси, але втрата мортмаси в цей час не перевищує 1-2%, що пов'язано з досить незначним вмістом сполук цієї природи в макроскопічних розростаннях ціанопрокаріоти *Lyngbya aestuarii*.

Із 150-ої доби починається помітна деструкція полісахаридів у макроскопічних розростаннях ціанопрокаріоти *Lyngbya aestuarii* (рис. 5.15) і досягає максимального значення на 300-у добу (31-37% при середньолітній

температурі та 21-25% при середньорічній температурі).

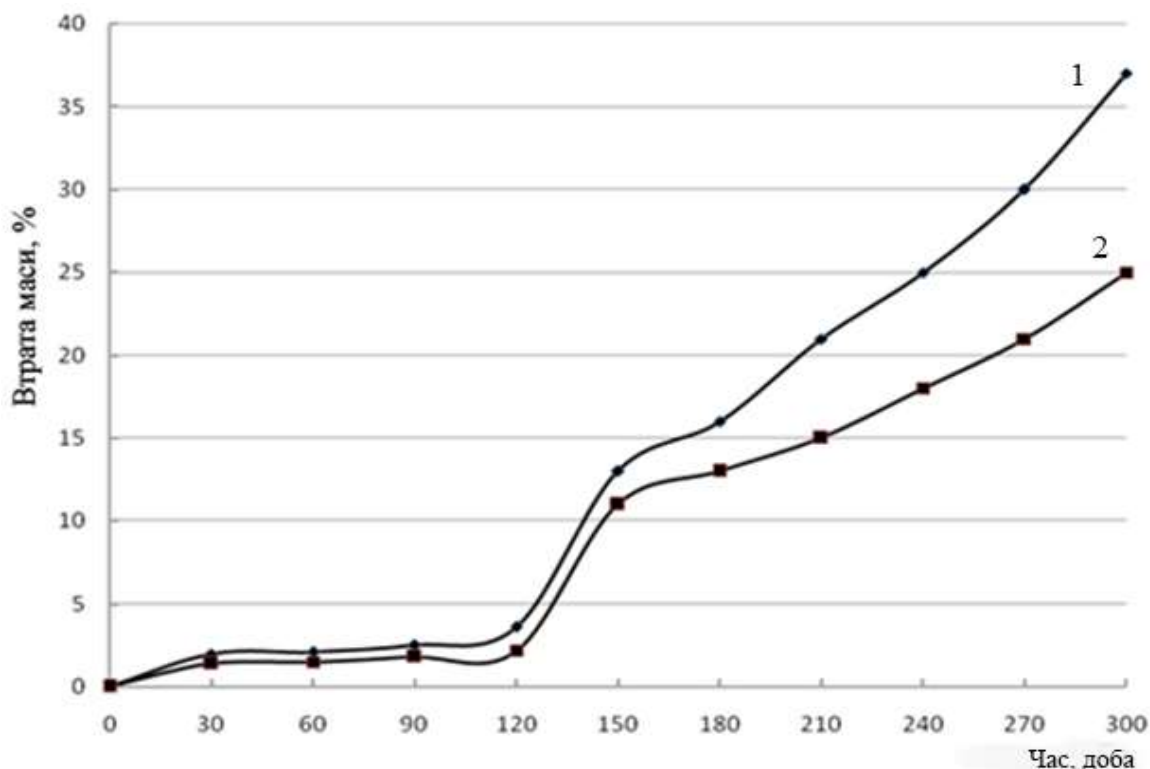


Рис. 5.15. Деструкція органічної речовини ціанопрокаріоти *Lyngbya aestuarii* в ропі з гіпергалійних водойм Арабатської стрілки при різній температурі: крива 1 – середньолітня температура (25°C); крива 2 – середньорічна температура (14°C).

Процес деструкції супроводжується зниженням кількості розчиненого кисню. Починаючи з 30-ої доби, розвиваються анаеробні умови. Таким чином, під час деструкції органічної речовини ціанопрокаріоти *Lyngbya aestuarii* домінують анаеробні процеси. При цьому швидкість розкладу органічної речовини збільшується з підвищенням температури (рис. 5.15), що свідчить про вплив температури на процеси деструкції.

У процесі деструкції солоність ропи з гіпергалійних водойм коси Арабатська стрілка та Бердянської коси практично не змінювалася й залишалася в межах 145‰ і 165‰ відповідно.

Деструкція органічної речовини ціанопрокаріоти *Lyngbya aestuarii* у ропі гіпергалійних водойм Бердянської коси відбувається за аналогічною схемою

(рис. 5.16).

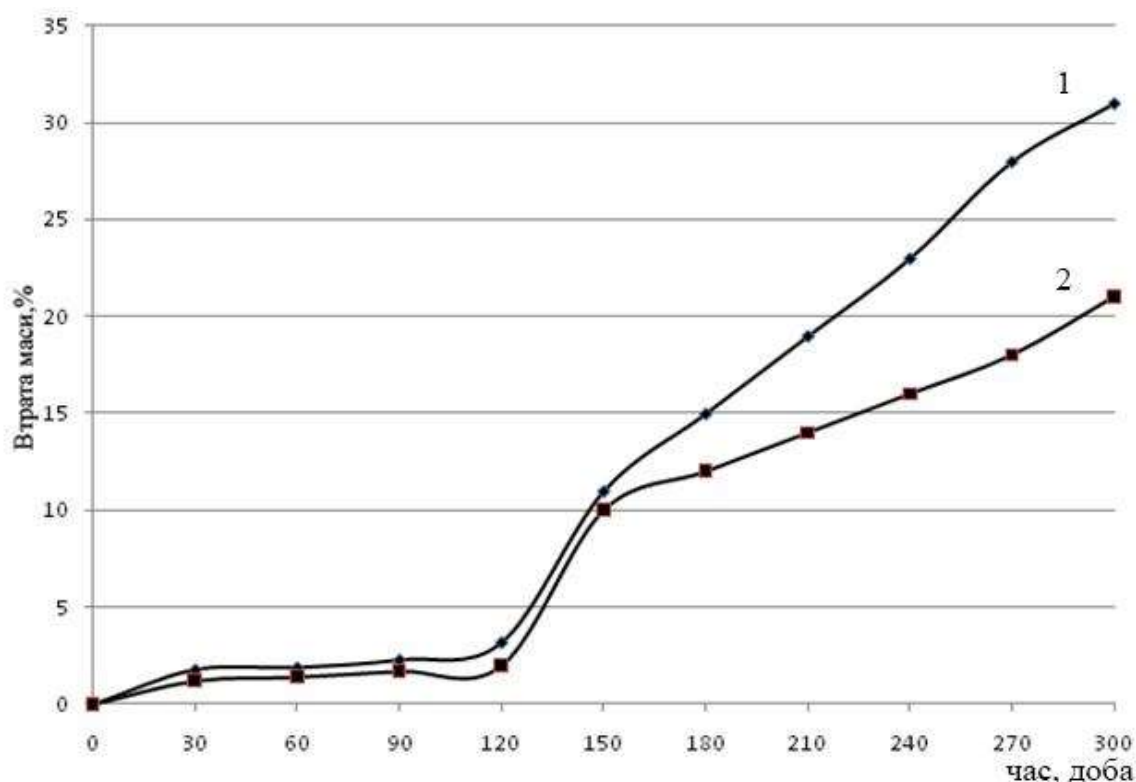


Рис. 5.16. Деструкція органічної речовини ціанопрокаріоти *Lyngbya aestuarii* в ропі з гіпергалійних водоемів Бердянської коси при різній температурі: крива 1 – середньолітня температура (25°C); крива 2 – середньорічна температура (14°C).

У процесі експерименту спостерігалася зміна рН ропи (рис. 5.17) й окисно-відновного потенціалу (рис. 5.18). Встановлено, що значення рН ропи водоемів коси Арабатська стрілка зростає з 6,85 на початку дослідження до 7,36 на 90-у добу, а потім зменшується до 7,15 на 150-у добу при температурі 25°C. Починаючи зі 180-ої доби, значення рН практично не змінюється.

При середньорічній температурі значення рН на 90-у добу зростає з 6,85 до 7,27, а на 150-у добу зменшується до 7,10. Починаючи зі 180-ої доби, значення рН також практично не змінюється.

З'ясовано, що при середньолітній температурі значення Eh водоемів коси Арабатська стрілка на 90-у добу зменшується із 7 мВ до -24 мВ і в ропі розвиваються відновні умови. Починаючи зі 150-ої доби, значення Eh стає

стабільним і варіює в невеликому інтервалі (від -16 мВ до -18 мВ) (рис. 5.18),

Низький окисно-відновний потенціал зумовлює інтенсивні анаеробні процеси в цих системах.

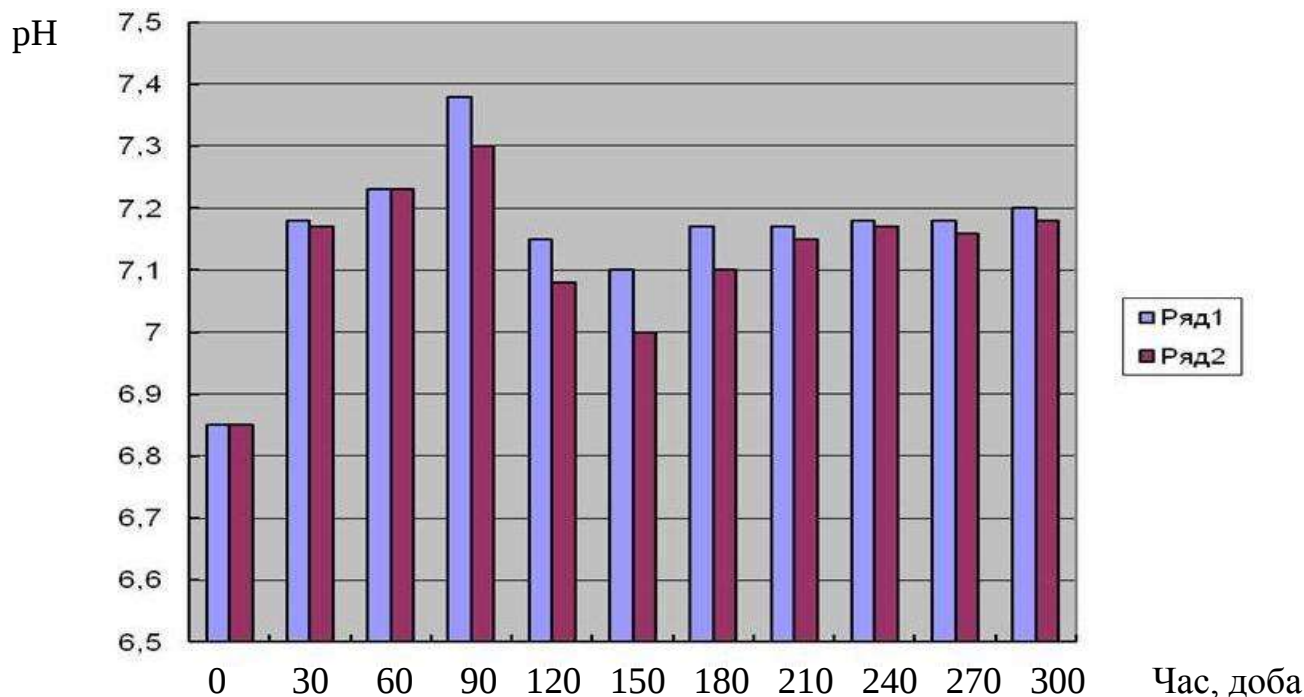


Рис. 5.17. Зміна значення pH у ропі з водойм коси Арабатська стрілка в процесі деструкції *Lyngbya aestuarii* при 25°C – ряд 1 і при 14°C – ряд 2.

При середньорічній температурі картина практично ідентична: починаючи зі 150-ої доби, значення Eh практично не змінюється.

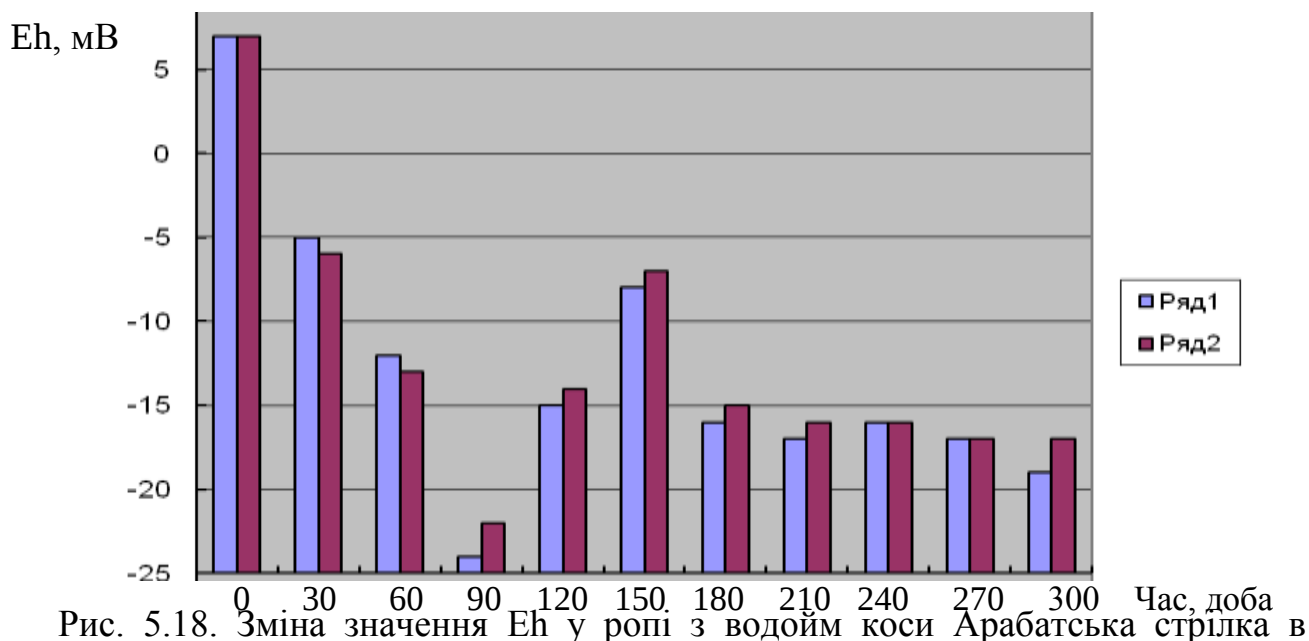


Рис. 5.18. Зміна значення Eh у ропі з водойм коси Арабатська стрілка в

процесі деструкції *Lyngbya aestuarii* при 25°C – ряд 1 і при 14°C – ряд 2.

З результатами експерименту узгоджуються дані про зміну рН ропи гіпергалійних водойм Бердянської коси (рис.5.19) і окисно-відновного потенціалу (рис. 5.20). Значення рН при середньолітній температурі на 90-у добу збільшуються з 7,3 до 7,58, а потім зменшуються до 7,45 на 150-у добу. Починаючи зі 180-ої доби, значення рН поступово зменшуються з 7,48 до 7,37. Аналогічна ситуація спостерігається й при середньорічній температурі.

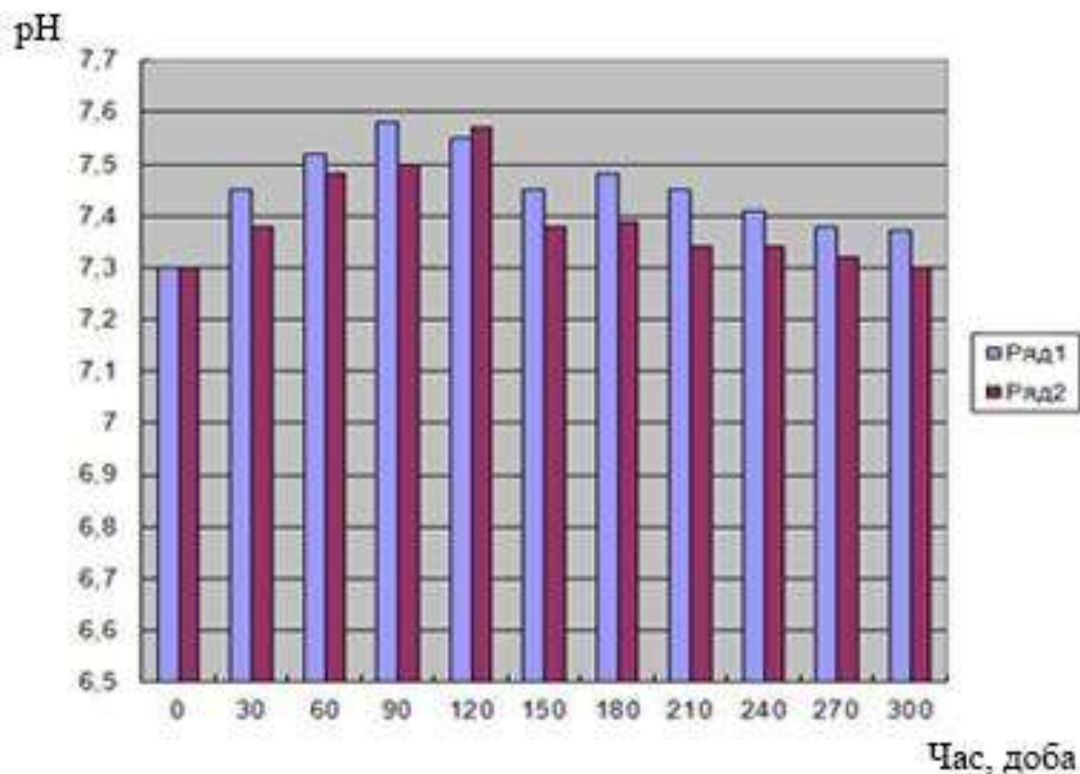


Рис. 5.19. Зміна значення рН у ропі з гіпергалійних водойм Бердянської коси в процесі деструкції *Lyngbya aestuarii* при 25°C – ряд 1 і при 14°C – ряд 2.

З'ясовано, що при середньолітній температурі значення E_h ропи Бердянської коси на 90-у добу зменшується із 7 мВ до -19 мВ і в ропі розвиваються відновні умови. На 150-ту добу відмічається різке збільшення до -6 мВ, після чого значення E_h стає стабільним і варіює в невеликому інтервалі (від -12 мВ до -17 мВ) (рис. 5.20). Низький окисно-відновний потенціал зумовлює інтенсивні анаеробні процеси в цих системах.

При середньорічній температурі картина практично ідентична: починаючи зі 150-ої доби, значення окисно-відновного потенціалу практично

не змінюється й варіює в межах від -8 мВ до -9 мВ.

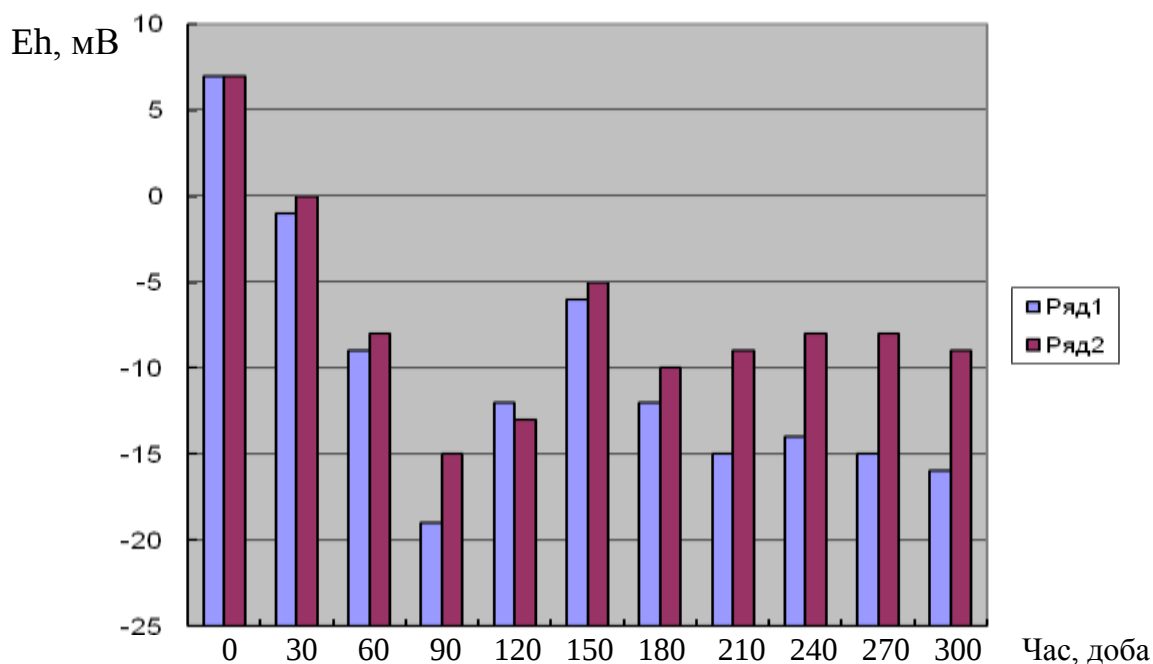


Рис. 5.20. Зміна значення Eh у ропі з гіпергалійних водойм Бердянської коси в процесі деструкції *Lyngbya aestuarii* при 25°C – ряд 1 і при 14°C – ряд 2.

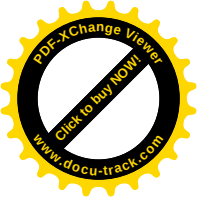
Розкладання органічної речовини *Lyngbya aestuarii* здійснюється різними групами бактерій-деструкторів, що підтверджено результатами мікробіологічних досліджень (табл. 5.2).

При середньолітній температурі протеолітики в ропі Бердянської коси та Арабатської стрілки з'являлися на 15-у добу в кількості 2300-2500 КУО/мл і досягали максимального значення на 30-у добу, після чого чисельність протеолітиків плавно знижувалася й на 120-у добу вони зникали. Аналогічна закономірність спостерігалася й при середньорічній температурі.

Таблиця 5.2

Динаміка чисельності мікроорганізмів-деструкторів (КУО × 10⁴ в мл) мортмаси ціанопрокаріоти *Lyngbya aestuarii* у ропі

Час, доба	Ропи з гіпергалійних водойм Арабатської стрілки			Ропи з гіпергалійних водойм Бердянської коси		
	Цукролітичні	Протеолітичні	Ліполітичні	Цукролітичні	Протеолітичні	Ліполітичні
15	-	$0,25 \pm 0,02$ $0,15 \pm 0,01$	-	-	$0,023 \pm 0,002$ $0,01 \pm 0,002$	-



--	--	--	--	--	--	--

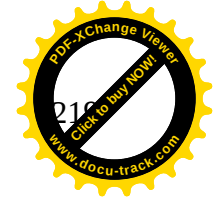
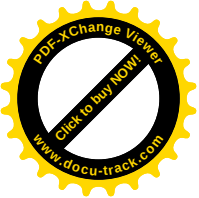
Продовж. табл. 5.2

Час, доба	Ропа з гіпергалійних водойм Арабатської стрілки			Ропа з гіпергалійних водойм Бердянської коси		
	Цукролітичні	Протеолітичні	Ліполітичні	Цукролітичні	Протеолітичні	Ліполітичні
30	-	$\frac{2,5 \pm 0,2}{1,0 \pm 0,1}$	$\frac{0,04 \pm 0,005}{0,01 \pm 0,005}$	-	$\frac{2,0 \pm 0,2}{0,8 \pm 0,1}$	$\frac{0,03 \pm 0,002}{0,01 \pm 0,002}$
60	-	$\frac{0,08 \pm 0,02}{0,06 \pm 0,01}$	$\frac{0,07 \pm 0,01}{0,03 \pm 0,01}$	-	$\frac{0,06 \pm 0,02}{0,04 \pm 0,01}$	$\frac{0,05 \pm 0,01}{0,02 \pm 0,01}$
90	$\frac{0,05 \pm 0,01}{0,03 \pm 0,01}$	$\frac{0,025 \pm 0,004}{0,015 \pm 0,003}$	$\frac{0,025 \pm 0,002}{0,02 \pm 0,002}$	$\frac{0,03 \pm 0,005}{0,01 \pm 0,005}$	$\frac{0,023 \pm 0,002}{0,01 \pm 0,002}$	-
120	$\frac{0,2 \pm 0,05}{0,05 \pm 0,01}$	-	-	$\frac{0,08 \pm 0,01}{0,03 \pm 0,005}$	-	-
150	$\frac{20 \pm 1}{5 \pm 0,5}$	-	-	$\frac{10 \pm 1}{2 \pm 0,05}$	-	-
180	$\frac{30 \pm 1}{10 \pm 0,5}$	-	-	$\frac{25 \pm 1}{5 \pm 0,5}$	-	-
210	$\frac{35 \pm 1}{12 \pm 1}$	-	-	$\frac{30 \pm 1}{8 \pm 1}$	-	-
240	$\frac{40 \pm 2}{14 \pm 1}$	-	-	$\frac{35 \pm 2}{10 \pm 1}$	-	-
270	$\frac{45 \pm 2}{16 \pm 1}$	-	-	$\frac{40 \pm 2}{12 \pm 1}$	-	-
300	$\frac{50 \pm 2}{18 \pm 1}$	-	-	$\frac{45 \pm 2}{16 \pm 1}$	-	-
Контроль	-	-	-	-	-	-

Примітка: у чисельнику фіксуються показники при середньолітній температурі (25 °C); у знаменнику – при середньорічній температурі (14 °C); контроль – вихідна ропа без біомаси водорості.

Ліполітичні бактерії при середньолітній і середньорічній температурах з'являлися на 30-у добу, досягали максимального значення на 60-у добу та на 120-у добу зникали.

Починаючи зі 150-ої доби досліду, чисельність цукролітиків як при середньолітній, так и при середньорічній температурі різко зростала й



залишалася незмінно високою до кінця дослідю.

Отже, деструкція органічної речовини мортмаси водорості *Lyngbya aestuarii* в ропі гіпергалійних водойм коси Арабатська стрілка забезпечується різними функціональними групами бактерій-деструкторів. Незважаючи на те, що процес деструкції ініціюють протеолітики та ліполітики, основну частину мортмаси ціанопрокаріот розкладають цукролітики, починаючи з 90-ої доби.

Деяка відмінність у швидкості деструкції органічної речовини гіпергалійних водойм коси Арабатська стрілка й Бердянської коси пояснюється різними зовнішніми умовами (показниками Eh, pH і солоності) і, як наслідок, відмінністю в кількісних показниках складу бактеріальних ценозів водного середовища й донних осадів. Вочевидь, у гіпергалійних водоймах Арабатської стрілки розвиваються більш сприятливі умови для деструкції органічної речовини.

Процеси деструкції водоростевої органічної речовини в ропі з гіпергалійних водойм коси Арабатська стрілка та Бердянської коси мають як спільні ознаки, так і специфічні, що пояснюється різницею в кількісних показниках складу бактеріального ценозу водного середовища та донних осадів, з одного боку, і показниках зовнішніх умов (у першу чергу, солоності), з іншого боку.

За результатами проведених досліджень можемо дійти висновку, що в ропі гіпергалійних водойм коси Арабатська стрілка й Бердянської коси відбуваються схожі процеси мікробіологічного та біохімічного перетворення органічних речовин водоростей, унаслідок чого створюються передумови для виникнення родовищ пелоїдів [346].

5.4. Порівняльний аналіз деструкції макроскопічних водоростевих розростань *Cladophora siwaschensis* та *Lyngbya aestuarii*

Отримані в лабораторних експериментах дані по визначенню швидкості деструкції мортмаси водоростевих матів *Cladophora siwaschensis* та *Lyngbya aestuarii*, відібраних на косі Арабатська стрілка та Бердянській косі, свідчать

про те, що деструкція матів ціанопрокаріот відбувається приблизно в
порядок повільніше, ніж розростань зелених водоростей (рис. 5.21).

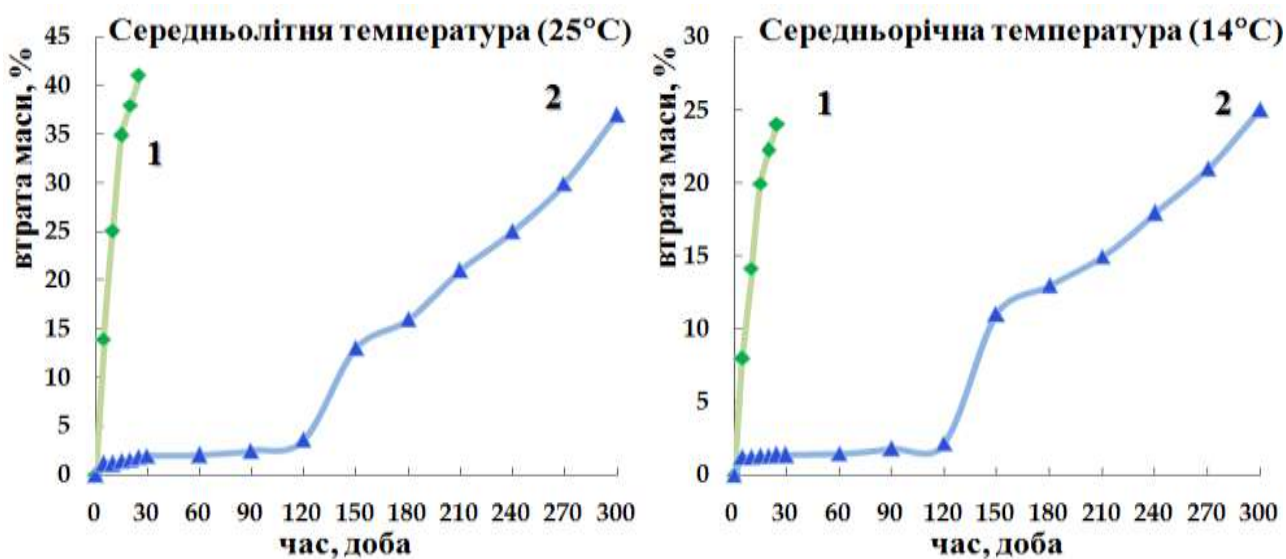
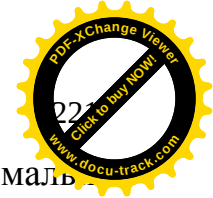
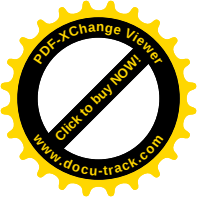


Рис. 5.21. Відмінності у швидкості деструкції мортмаси *Cladophora siwaschensis* (1) та *Lyngbya aestuarii* (2) на прикладах значень середньолітньої (ліворуч) та середньорічної (праворуч) температур

Так, залежно від температури, $\frac{1}{4}$ частина біомаси *Cladophora siwaschensis* розкладається за 2-4 тижні, тоді як аналогічна частина біомаси *Lyngbya aestuarii* за 8-10 місяців. Крім того, розклад мортмаси *Lyngbya aestuarii*, на відміну від *Cladophora siwaschensis*, відбувається не рівномірно, а в два етапи: на першому (до 120-150 діб) втрати біомаси не перевищують 2%, далі швидкість деструкції суттєво зростає, зумовлюючи зменшення біомаси водоростей протягом наступних 120-150 діб на 20-40%.

Динаміка втрати біомаси добре узгоджується з динамікою змін чисельності функціональних груп бактерій - цукролітичних, протеолітичних та ліполітичних. У матах, утворених зеленою водорістю *Cladophora siwaschensis*, мортмаса розкладається приблизно одночасно зіставними між собою кількостями цукролітичних, протеолітичних та ліполітичних бактерій, чисельність яких за кількістю КУО досягає максимумів на 14-16 добу, й далі поступово знижується. Мортмасу матів, утворених ціанопрокаріотом *Lyngbya*

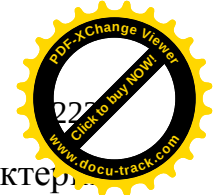
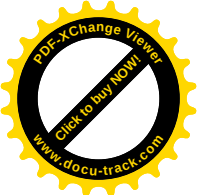


aestuarii, першими починають розкладати протеолітичні (їх максимальний розвиток за кількістю КУО припадає приблизно на 30-у добу) та ліполітичні бактерії (максимум припадає на 60-у добу). На початку другого етапу деструкції (120-150 доба) протеолітичні та ліполітичні бактерії в маті не виявляються, натомість з'являються та досягають максимальних значень чисельності за кількістю КУО цукролітичні бактерії. При цьому їх чисельність на 1-3 порядки перевищує максимальні значення чисельності протеолітичних і ліполітичних бактерій.

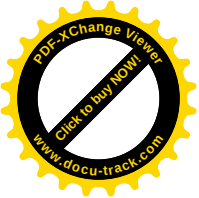
Динаміка змін вмісту розчиненого у воді кисню (у дослідях по деструкції мортмаси водоростевих матів прокариот та еукаріот із Бердянської коси та Арабатської стрілки) свідчить, що мортмаса *Cladophora siwaschensis* розкладається в аеробних умовах, при цьому концентрація кисню поступово знижується з 1-ї до 25-30 добу - з 3,80 мг/л до 1.10 мг/л), і далі залишається сталою, через що анаеробні умови у ропі не виникають. При розкладі мортмаси *Lyngbya aestuarii* вміст кисню також поступово знижувався з 1-ї по 30 добу (від 3,80 мг/л до 0,03 мг/л), після чого кисень у ропі вже не виявлявся. Таким чином, максимальна швидкість деструкції мортмаси ціанопрокаріотичного мату спостерігалась в анаеробних умовах, при чому саме на такі умови припадали максимуми чисельності ліполітичних та цукролітичних бактерій.

Загальні тенденції зміни Eh та pH ропи, в якій відбувається деструкція ціанопрокаріотичних та еукаріотичних водоростевих матів, загалом, схожі: окисно-відновний потенціал ропи, значення якого в різних водоймах коливається в межах зон перехідного окисно-відновного чи відновного середовища (від +7 до -18 мВ), з початком дослідів стабілізується, й коливається лише в межах зони, що відповідає виключно відновному середовищу (від -5 до -24 мВ). Аналогічна картина спостерігається за pH: з початком дослідів pH ропи, значення якого, в різних водоймах коливалося в діапазоні 6,8-7,3, підвищується на 0,1-0,3 і з незначними коливаннями стабілізується в межах 7,1-7,5.

Відсутність суттєвих відмін у динаміці змін Eh та pH ропи та наявність



суттєвої різниці в темпах деструкції мортмаси та складу й кількості бактеріальних функціональних груп у дослідях із водоростевими розростаннями зелених водоростей (*Cladophora siwaschensis*) та ціанопрокаріот (*Lyngbya aestuarii*) свідчать, що саме таксономічна причетність водоростей-домінантів на рівні відділів є тим чинником, який визначає відмінності між чорними та сірими муловими сульфідними пелоїдами, а сутність дії цього чинника пов'язана не стільки з продукційними процесами, скільки з різним субстратом для мікробної трансформації, яку здійснюють різні бактеріальні угруповання, з різною здатністю до консервації продуктів мікробної трансформації органічної речовини та збереження цих продуктів від окислення протягом тривалого періоду - як мінімум, від одного вегетаційного сезону до наступного.



РОЗДІЛ 6

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА САНІТАРНО-БАКТЕРІОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕЛОЇДІВ ПІД РОЗРОСТАННЯМИ ЦІАНОПРОКАРІОТ ТА ЗЕЛЕНИХ ВОДОРОСТЕЙ

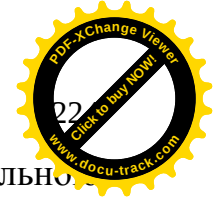
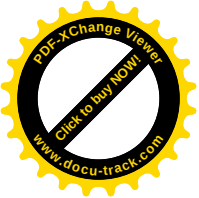
У результаті дослідження різних полігонів північно-західного узбережжя Азовського моря можна виділити найпоширеніших домінантнів бентосних водоростевих угруповань: із домінуванням *Lyngbya aestuarii* та *Cladophora siwaschensis*. Органолептичні властивості пелоїдів під цими розростаннями різні.

Пелоїди під розростаннями *Lyngbya aestuarii* за органолептичними показниками (забарвлення, пластичність, наявність запаху сірководню, відсутність запаху меркаптанів) відповідають ознакам чорних неокислених мулових сульфідних пелоїдів, які вважаються лікувальними грязями з найбільш високими терапевтичними властивостями. Пелоїди під *Cladophora siwaschensis* за цими ж показниками відповідають окисленим сірим муловим сульфідним пелоїдам, що вважаються менш якісними в терапевтичному відношенні субстанціями, для яких основною сферою використання є косметологія.

Належність обох типів пелоїдів до лікувальних визначається відповідністю їхніх параметрів низці критеріїв, передбачених Нормативами для лікувальних типів пелоїдів. Ці параметри та їх відповідність Нормативам були визначені для чорних неокислених пелоїдів, відібраних під матами *Lyngbya aestuarii*, та сірих окислених пелоїдів, відібраних під розростаннями *Cladophora siwaschensis*, на полігонах коси Арабатська стрілка та Бердянської коси [347].

Параметри пелоїдів гіпергалійних водойм цих полігонів загалом відповідають нормам для лікувальних грязей (табл. 6.1).

Пелоїди названих водойм являють собою пластичну мазеподібну масу чорного кольору з легким запахом сірководню. Вологість, тобто кількість води, яка міститься в 100 г нативної грязі, – 42,23% . Цей показник дещо

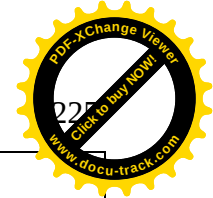
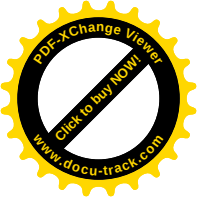


менший від нормативного (табл. 6.1). Кількість води з її орґано-мінеральною основою визначає такі властивості пелоїду, як пластичність, середню густину, теплоємність, яка для пелоїдів під розростанням *Lyngbya aestuarii* досягає високих значень – 0,52 кал/г × град (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Загальні фізико-хімічні показники пелоїдів під різними домінантами бентосних водоростевих розростань та їх відповідність нормативам

Показник	Домінант <i>Lyngbya aestuarii</i> (полігон 17)	Домінант <i>Cladophora siwaschensis</i> (полігон 2а)	Нормативи для лікувальних типів пелоїдів [3, 55]
Вологість, %	42,5±1,5	50,5±1,5	45-75
Середня густина, г/см ³	1,57±0,08	1,48±0,07	1,1-1,7
Теплоємність, кал/г × град	0,52±0,05	0,60±0,05	0,5-0,8
Засміченість мінеральними частками 0,25, % на сирий пелоїд	1,95±0,03	8,45±0,04	Не більше ніж 3,0
Вміст сульфідів FeS, % на сирий пелоїд	0,49±0,04	0,26±0,07	Не нормується
у тому числі H ₂ S, % на сирий пелоїд	0,19±0,02	0,10±0,01	Не нормується
Fe ²⁺ , мг/100 г сухої речовини	536,0±3,3	300,75±2,7	Не нормується
Fe ³⁺ , мг/100 г сухої речовини	467,0±2,8	140,4±1,0	Не нормується
Співвідношення Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,87±0,08	0,47±0,06	Не нормується
Опір зсувові, дин/см ²	3372±22	3556±24	1500-4000
pH ґразі	7,00±0,05	7,15±0,09	6,0-9,0
Окисно-відновний потенціал, мВ	-205±4	-170±3	-500-0
Мінералізація ґрязьового	142,7±5,2	163,5±8,4	1,0-350,0



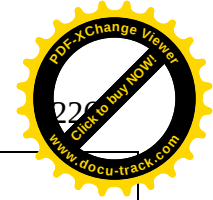
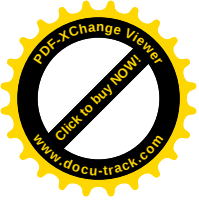
розчину, г/л			
--------------	--	--	--

Установлено, що теплоємність і густина пелоїду є результатом взаємодії фізико-хімічних властивостей ропи (табл. 6.2) та продуктів деструкції водоростевих домінантів з ціанопрокаріот. Деструкція мортмаси цих водоростей у ропі гіпергалійної водойми впливає на густину та теплоємність пелоїду: за умов середньолітньої температури збільшується густина (коефіцієнт кореляції $K=0,90$) та зменшується теплоємність (коефіцієнт кореляції $K=-0,94$) пелоїду.

Таблиця 6.2

Склад грязьового розчину пелоїдів під різними домінантами бентосних водоростевих розростань

В розчині міститься	Домінант <i>Lyngbya aestuarii</i> (полігон 17)			Домінант <i>Cladophora siwaschensis</i> (полігон 2а)		
	г	мг-екв	мг-екв %	г	мг-екв	мг-екв %
Амоній NH_4^+	0,038±0,002	2,11±0,1	0,08±0,01	0,0235±0,0001	1,3±0,1	0,05±0,02
Калій K^+	0,60±0,01	15,35±0,1	0,6±0,1	0,0016±0,0002	0,04±0,02	0
Натрій Na^+	37,908±0,001	1643,91±0,01	64,60±0,02	51,4597±0,0001	2237,38±0,01	79,80±0,03
Магній Mg^{2+}	9,763±0,003	802,89±0,2	31,46±0,01	6,3232±0,0002	520,0±0,1	18,55±0,01
Кальцій Ca^{2+}	1,666±0,002	83,16±0,3	3,26±0,01	0,9018±0,0001	45,0±0,2	1,6±0,1
Ферум закисний Fe^{2+}	0,0003±0,0004	0,01±0,01	0	0,00013±0,00006	0	0
Залізо Ферум окисний Fe^{3+}	0,00001	0	0	0,00007±0,00005	0	0
Сума катіонів	49,975±0,00941	2552,43±0,38	100,0	58,71±0,00081	2803,72±0,43	100,0
Хлорид	84,398±0,002	2380,48±0,04	93,26±0,03	84,7734±0,0002	2391,08±0,03	85,28±0,01



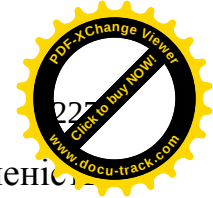
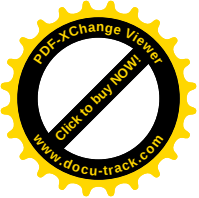
Cl-						
-----	--	--	--	--	--	--

Продовж. табл. 6.2

В розчину міститься	Домінант <i>Lyngbya aestuarii</i> (полігон 17)			Домінант <i>Cladophora siwaschensis</i> (полігон 2a)		
	г	мг-екв	мг-екв %	Г	мг-екв	мг-екв %
Бромід Br-	0,279±0,001	3,50±0,02	0,14±0,01	0,2474±0,0007	3,10±0,01	0,11±0,02
Йодид J-	0,0056±0,0005	0,04±0,01	0	0,0044±0,0002	0,03±0,02	0
Сульфат SO42-	7,609±0,003	158,41±0,01	6,20±0,02	19,0895±0,0002	397,45±0,2	14,18±0,03
Гідрокарбонат HCO32-	0,244±0,001	4,0±0,2	0,16±0,01	0,549±0,0003	9,0±0,1	0,32±0,01
Карбонат CO32-	0,180±0,001	6,0±0,1	0,24±0,01	0,090±0,003	3,0±0,3	0,11±0,01
Нітрит NO3-	0,0002±0,0004	0	0	0,00036±0,00005	0,01±0,02	0
Нітрат NO2-	0,0012±0,0002	0	0	0,0032±0,0005	0,05±0,02	0
Сума аніонів	92,717±0,0091	2552,43±0,38	100,0	104,7573±0,0071	2803,72±0,7	100,0

Основна частина пелоїдів – кристалічний остов, який складається з грубодисперсних уламків силікатних матеріалів, гіпсу, кальциту, доломіту, арагоніту, фосфату й іноді уламків органічних залишків рослинного походження. Залежно від переважання силікатних або карбонатних часток остов грязі може бути силікатним, карбонатним чи змішаного складу [56]. Щодо пелоїдів під макроскопічними водоростевими розростаннями *Lyngbya aestuarii* – їхній остов змішаний і становить 50-51% від загальної маси.

Переважаючі частки діаметром понад 0,25 мм не бажані, оскільки це негативно відбивається на в'язко-пластичних властивостях пелоїдів. Часток діаметром понад 0,25 мм у повноцінному пелоїді повинно бути не більше ніж



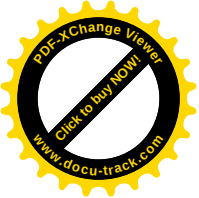
2-3% [19, 56]. У пелоїдах під розростанням *Lyngbya aestuarii* засмічені частками понад 0,25 мм становить 1,95%, що значно менше від нормативних показників (табл. 6.1). Опір зсувові названого пелоїду становить 3372 дин/см² при нормі 1500-4000 дин/см² (табл. 6.1).

Другим складником пелоїду є колоїдна фракція, яка пов'язує окремі частки остова та заповнює всі його проміжки. Це найбільш тонкодисперсна частина грязьового остова, що містить частки, розміром менше ніж 0,001 мм – органічні речовини, органо-мінеральні сполуки, гідротроїліт, силікатну кислоту, Алюміній гідроксид, оксиди Феруму, Мангану. Важливе значення в цій фракції має колоїдний Ферум гідросульфід (гідротроїліт), який і зумовлює чорний колір пелоїду.

Вміст гідротроїліту в пелоїді під розростанням *Lyngbya aestuarii* становить 536 мг/100 г сухої речовини. Вміст колоїдів у пелоїдах різних типів неоднаковий: у мулових сульфідних – від 4 до 20%, у пелоїдах гіпергалійних водойм полігону 17 на Арабатській стрільці колоїдна фракція становить 6-7%.

Наявність у пелоїді великої кількості колоїдів і дрібнодисперсних частинок має істотне значення для формування його пластичності, тобто здатності зберегти ту форму, яку йому надають. Крім того, колоїди сприяють збереженню лікувальних властивостей грязі. Колоїдними складниками лікувальної грязі є також хлорофіл та інші пігменти, органічні кислоти, ліпоїди, ферменто- й гормоноподібні речовини тощо [56], наявність яких зумовлена видовим складом водоростей, що беруть участь у формуванні пелоїду.

Грязьовий розчин, одержаний за допомогою віджимання, центрифугування чи фільтрування, являє собою рідку фазу пелоїду й складається з розчинених у воді солей, органічних речовин і газів. Цей розчин загалом відповідає хімічному складові ропи на поверхні донних осадів, де утворився пелоїд, і перш за все, містить Натрій хлорид, Магній сульфат та Натрій сульфат (табл. 6.2).



Згідно з результатами дослідження, пелоїди під макроскопічним водоростевими розростаннями *Lyngbya aestuarii* належать до приморського типу дуже високомінералізованих слабкосульфідних хлоридних магнієво-натрієвих пелоїдів, що мають такий хімічний склад:

$$M_{143} \frac{Cl_{93}}{Na_{65}Mg_{31}} pH 7,8 \quad (6.1)$$

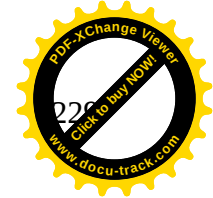
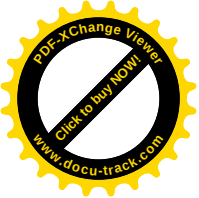
Домінантним видом водоростевих бентосних розростань гіпергалійних водойм полігону 2а Бердянської коси була зелена водорість *Cladophora siwaschensis*. Параметри пелоїдів під цим розростанням загалом відповідають нормативним документам (табл. 6.1).

Пелоїди являють собою пластичну мазеподібну масу темно-сірого кольору з легким запахом сірководню. Вологість пелоїду становить 50-51% (табл. 6.1). Пелоїди під бентосним макроскопічним розростанням *Cladophora siwaschensis* мають більш високі теплові властивості (0,60 кал/г × град) порівняно з пелоїдами під розростанням *Lyngbya aestuarii* (табл. 6.1).

Процес деструкції органічної маси *Cladophora siwaschensis* у ропі гіпергалійних водойм цукролітиками впливає на густину та теплоємність пелоїду. Високий вміст органічної речовини (насамперед вуглеводів), які розкладаються цукролітиками при середньорічній температурі, збільшує густину (коефіцієнт кореляції $K = 1,0$) та зменшує теплоємність (коефіцієнт кореляції $K = -1,0$) пелоїду, проте ці показники не виходять за межі нормативів.

Величини рН з нормативними показниками (табл. 6.1) пелоїду коливаються в межах від 6,0 до 9,0 [3]. У ході досліджень встановлено, що значення рН пелоїдів гіпергалійних водойм, де домінантом бентосу виступала водорість *Cladophora siwaschensis* становить 7,15, опір зсувові – 3556 дин/см², що трохи вище, ніж у пелоїдів під розростанням *Lyngbya aestuarii*.

Значення окисно-відновного потенціалу пелоїдів під зеленою водорістю *Cladophora siwaschensis* є меншим ніж у пелоїдів полігону під розростанням



Lyngbya aestuarii.

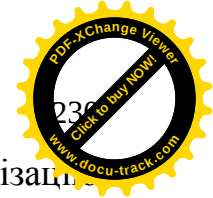
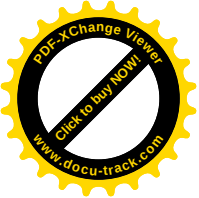
Кристалічний остов пелоїдів під розростанням *Cladophora siwaschensis* складається з грубодисперсних уламків силікатних матеріалів, гіпсу, кальциту, доломіту та уламків органічних залишків рослинного походження. Остов цих пелоїдів змішаний і становить 44-46% від загальної маси. Засміченість частками (переважно рослинними залишками, карбонатами, гіпсом) крупнішими ніж 0,25 мм перевищує нормативні показники на 3% й становить 8,45% (табл. 6.1).

Наявність у пелоїдах великої кількості колоїдів і дрібнодисперсних частинок має істотне значення для формування його пластичності. Колоїдна маса пелоїду під розростанням *Cladophora siwaschensis* становить 6-7%. Вона містить частки менші ніж 0,001 мм – органічні речовини, органо-мінеральні сполуки, гідротроїліт, силікатну кислоту, оксиди Феруму, Мангану. Вміст гідротроїліту в пелоїдах гіпергалійних водойм Бердянської коси становить 300,75 мг/100 г сухої речовини.

У ході дослідження встановлено мінеральний склад грязьового розчину пелоїдів під розростанням *Cladophora siwaschensis* (табл. 6.2). Основна маса розчинених у воді солей складається з п'яти іонів – трьох аніонів (хлору – Cl^- , сульфату – SO_4^{2-} та гідрокарбонату – HCO_3^-) і двох катіонів (натрію – Na^+ , магнію – Mg^{2+}).

Вміст сульфідів, у тому числі й H_2S , у пелоїдах під розростанням водорості *Cladophora siwaschensis* менший, ніж у пелоїдах гіпергалійних водойм, де домінантом в бентосі виступала *Lyngbya aestuarii*. Крім того, пелоїди під розростаннями *Cladophora siwaschensis* характеризуються меншим вмістом іонів Fe^{3+} та Fe^{2+} . Цим, на нашу думку, пояснюється відмінність у кольорі пелоїдів: чорного кольору – на Арабатській стрілці та темно-сірого – на Бердянській косі.

Деструкція мортмаси зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* у ропі гіпергалійних водойм впливає на склад грязьового розчину. Інтенсифікація процесу деструкції органічної маси зелених водоростей збільшує вміст Fe^{2+} ,



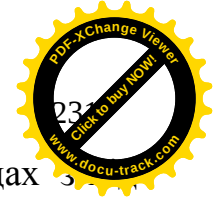
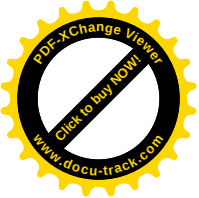
Ca^{2+} , K^{+} , CO_3^{2-} , Br^{-} (коефіцієнт кореляції $K=1,00$) та зменшує мінералізацію пелоїду, окисно-відновний потенціал (коефіцієнт кореляції $K=-0,91$) при будь-якій температурі. Згідно з результатами дослідження, пелоїди гіпергалійних водойм полігону 2а Бердянської коси належать до приморського типу дуже високомінералізованих слабкосульфідних хлоридних магнієво-натрієвих пелоїдів із таким хімічним складом:

$$M_{164} \frac{Cl_{85}}{Na_{80}Mg_{18}} pH_{7,95} \quad (6.2)$$

Пелоїди під водоростевими розростаннями *Cladophora siwaschensis* не відповідають критеріям МОЗ за параметром засміченості частками крупнішими ніж 0,25 мм. Усі інші показники аналізованих пелоїдів відповідають нормативам МОЗ, встановленим для лікувальних грязей (опір зсувові, об'ємна вага, вологість, густина, теплоємність, санітарно-бактеріологічні показники тощо).

Таким чином, за фізичними (вологість, середня густина, теплоємність, опір зсувові) та хімічними (рН, Eh, мінералізація грязьового розчину, вміст органічної речовини) показниками обидва типи пелоїдів повністю відповідали критеріям лікувальних грязей. За механічним складом (засміченість мінеральними частками 0,25 мм) критерію відповідали чорні пелоїди з-під розростань *Lyngbya aestuarii*, а в сірих пелоїдах під розростаннями *Cladophora siwaschensis* цей показник майже втричі перевищував граничне значення нормативу.

Аналіз низки додаткових показників (вміст сульфідів та гідротроїліту, значень Eh) дав змогу провести порівняльну оцінку якості пелоїдів під розростаннями ціанопрокаріот і зелених водоростей. Вміст сульфідів, у тому числі й H_2S , у лікувальних грязях не нормується (діапазон значень становить від 0,01 до 0,5% і вище на сирий пелоїд), проте у порівняльному відношенні визначає якість лікувального пелоїду, оскільки найкращі чорні пелоїди Сакського озера та Мертвого моря характеризуються вмістом сульфідів в межах 0,5% і вище. Саме до такого значення наближений вміст сульфідів у



чорних пелоїдах з-під розростань *Lyngbya aestuarii*. В сірих пелоїдах з-під угруповань *Cladophora siwashensis* цей показник майже вдвічі нижчий.

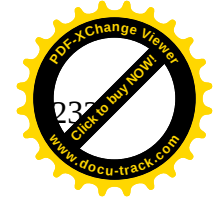
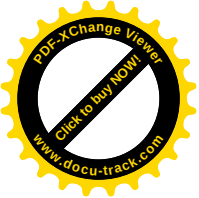
Найважливіший показник якості мулових сульфідних пелоїдів - вміст колоїдного Ферум гідросульфїду (гідротроїліту). Якість пелоїду є тим кращою, чим вищий вміст гідротроїліту. Цей показник у пелоїдах з-під макроскопічних розростань *Lyngbya aestuarii* у 2,5 рази вищий, ніж в сірих пелоїдах під розростаннями *Cladophora siwashensis*. Високим вмістом гідротроїліту також пояснюються відмінності кольору пелоїдів під матами ціанопрокаріот і зелених водоростей.

Суттєвий показник якості пелоїдів (у межах діапазону, визначеного нормативом) - значення окисно-відновного потенціалу: до порогових значень у діапазоні -200... -250 мВ зниження Eh узгоджується з уявленнями про підвищення якості пелоїду.

Подальше зниження редокс-потенціалу однозначної оцінки з точки погляду терапевтичних властивостей не має. За значеннями окисно-відновного потенціалу чорні пелоїди з-під розростань ціанопрокаріот (Eh = -205 мВ) однозначно перевищують за якістю сірі пелоїди з-під розростань зелених водоростей (Eh = -170мВ).

В обох типах пелоїдів окисно-відновний потенціал в 10-30 разів нижчий, ніж у ропі під час деструкції мортмаси. Це є прямою вказівкою на те, що формування якісних показників пелоїдів пов'язано з процесами трансформації та консервації продуктів мікробної переробки, які відбуваються не в ропі, а під водоростевими розростаннями, причому під впливом самих цих розростань.

Результати санітарно-бактеріологічного аналізу (табл. 6.3) для чорних і сірих мулових сульфідних пелоїдів, відібраних з гіпергалійних водойм коси Арабатська стрілка та Бердянської коси під матами ціанопрокаріотичної водорості *Lyngbya aestuarii* та альгобактеріальними матами зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* свідчать про те, що й сірі окислені, й чорні неокислені пелоїди відповідають встановленим нормативним санітарно-



бактеріологічним вимогам до пелоїдів.

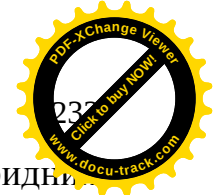
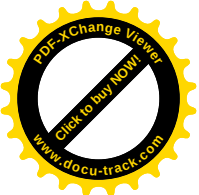
Таблиця 6.3

Санітарно-бактеріологічні показники пелоїдів під бентосними водоростевими розростаннями з різними домінантами та їх відповідність нормативам

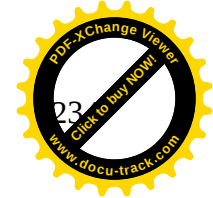
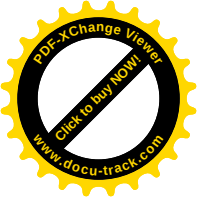
Найменування показника	Домінант <i>Lyngbya aestuarii</i> (полігон 17)	Одиниця виміру	Вимоги нормативів [3, 55]	Домінант <i>Cladophora siwachensis</i> (полігон 2а)	Відповідність вимогам нормативам
ЗМЧ	4500±100	КУО/г	не більше ніж 500000	4500±100	відповідає
Титр-ЛКП (лактозопозитивні палички)	>10	г/КУО	не менше ніж 10	>10	відповідає
Титр-перфрингенс (<i>C. perfringens</i>)	>0,1	г/ КУО	не менше ніж 0,1	>0,1	відповідає
Патогенний стафілокок (<i>S. aureus</i>)	Немає	КУО	немає в 10 г	Немає	відповідає
Синьогнійна паличка (<i>P. aeruginosa</i>)	немає	КУО	немає в 10 г	Немає	відповідає

Таким чином, пелоїди під макроскопічними розростаннями ціанопрокаріотичної водорості *Lyngbya aestuarii* та зеленої водорості *Cladophora siwachensis* за фізико-хімічними та санітарно-бактеріологічними показниками відповідають критеріям МОЗ, встановленим для лікувальних грязей (за винятком засміченості частками, більшими від 0,25 мм, яка перевищує норматив у сірому пелоїді).

Досліджені чорні неокислені та сірі окислені мулові сульфідні пелоїди



належать до дуже високомінералізованих слабкосульфідних хлоридних
магнієво-натрієвих пелоїдів приморського типу. За додатковими
показниками найбільш цінними в терапевтичному відношенні є чорні
неокислені мулові сульфідні пелоїди з-під макроскопічних розростань з
домінуванням ціанопрокарітичної водорості *Lyngbya aestuarii*. Якість сірих
окислених мулових сульфідних пелоїдів з-під макроскопічних розростань з
домінуванням зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* значно нижча.



РОЗДІЛ 7

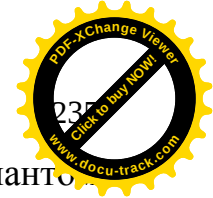
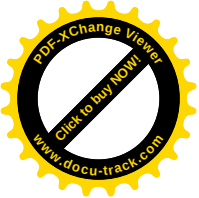
БІОЛОГІЧНО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ ПЕЛОЇДІВ ПІД БЕНТОСНИМИ ВОДОРОСТЕВИМИ РОЗРОСТАННЯМИ З РІЗНИМИ ДОМІНАНТАМИ

7.1. Гумусові речовини

Органічна речовина пелоїдів представлена складною системою специфічних (гумусових) і неспецифічних сполук, що знаходяться у вільному стані чи зв'язаному (хімічно, адсорбційно) з мінеральними компонентами. Органічна речовина складається із суміші рослинних і тваринних залишків, продуктів різної стадії їх розпаду, а також речовин, синтезованих із продуктів розпаду [56]. Найважливішими компонентами органічної речовини пелоїдів є гумусові речовини (гумус). До складу гумусових речовин входять: 1) гумусові кислоти (гумінові та фульвокислоти); 2) гумін – практично нерозчинна органічна речовина, яку не виділяють із природних тіл [348, 349]. Гумусові кислоти – клас високомолекулярних органічних кислот із бензоїдним ядром, що є складниками гумусу й утворюються в процесі гуміфікації. За сумою ознак – елементним складом, розчинністю та діапазоном молекулярних мас – виокремлюють дві групи гумусових кислот: а) гумінові кислоти – група темнозабарвлених гумусових кислот, розчинних у лугах і нерозчинних у кислотах; б) фульвокислоти – група гумусових кислот, розчинних у воді, лугах і кислотах [350]. Наявність гумусових речовин є найважливішою ознакою біокосних систем (наприклад, ґрунтів). У ґрунтах ці речовини визначають функціонування іонообмінних комплексів, що дає змогу припустити можливу аналогічну роль цих речовин і в пелоїдах (на жаль, літературні дані з цієї проблеми щодо пелоїдів ми не виявили).

З гумусовими речовинами значною мірою пов'язують біологічну активність пелоїдів та їх бальнеологічні особливості [54, 350].

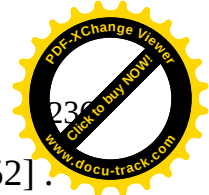
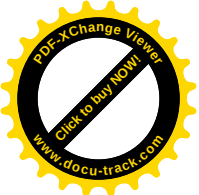
За нашими даними, найбільший вміст гумусу в пелоїдах зафіксовано в



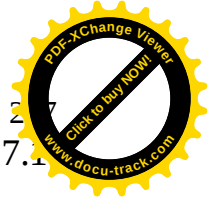
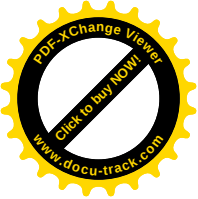
гіпергалійних водоймах полігону 2а Бердянської коси, де домінанто бентосного водоростевого розростання була зелена водорість *Cladophora siwaschensis* ($1,54 \pm 0,02\%$), найменший – в гіпергалійних водоймах полігону 17, 19, 21 коси Арабатська стрілка ($0,66 \pm 0,05\%$) та біля с. Строганівка, полігон 6 ($0,53 \pm 0,07$), де серед домінантів виявлено лише ціанопрокаріоти. Вміст гумусу в пелоїдах під *Cladophora siwaschensis* у 1,1-2,3 рази більший, ніж під ціанопрокаріотами (табл. 7.1).

Найвищий вміст Карбону зафіксовано в гумусі пелоїдів Бердянської коси в межах полігону 2а – 0,89%, на полігоні 1 Білосарайської коси – 0,82%, на полігонах 5 та 13 (Обіточна коса та лівий берег Молочного лиману) – 0,81%. Значення за цим показником на полігонах є вищими у 2,1-2,8 рази, ніж у пелоїдах полігонів 6 та 17 (окол. с. Строганівка та коса Арабатська стрілка відповідно), що може свідчити про збагаченість гумусу пелоїдів аліфатичними структурами. Значна розбіжність спостерігається й у вмісті гумінових кислот: від 0,18% (полігон 1 на Білосарайській косі) до 1,3% (полігон 13 – лівий берег Молочного лиману). За цим показником пелоїди полігонів Арабатської стрілки, лівого берега Молочного лиману, узбережжя Азовського моря (полігон 6 на околиці с. Строганівка) близькі до пелоїдів Тамбуканського озера (м. П'ятигорськ, Росія) і пелоїдів Чокрацького озера (м. Керч, Україна) [54]. Крім того, гумінові кислоти пелоїдів за складом наближаються до гумінових кислот торфів і сапропелів [54].

У пелоїдах гіпергалійних водойм досліджених полігонів формуються гумусові речовини багато в чому подібні до тих, що містяться в пелоїдах, які широко використовуються в лікувальній практиці, проте зазначені пелоїди відрізняються більш високим вмістом фульвокислот і гуміну. На полігонах, де відмічено сірий пелоїд під водоростевими розростаннями *Cladophora siwaschensis* (Бердянська коса), вміст гумусових речовин становить 1,54%, а на полігонах із чорним пелоїдом під водоростевими розростаннями *Lyngbya aestuarii* (Білосарайська, Обіточна коси, узбережжя Азовського моря на околиці с. Строганівка урочище Тубальський лиман на околиці с.



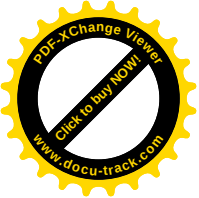
Новокостянтинівка, лівий берег Молочного лиману) 0,53-1,42% [351, 352] .



Таблиця 7.1

Груповий склад гумусових речовин пелюїдів під бентосними водоростевими розростаннями з різними домінантами

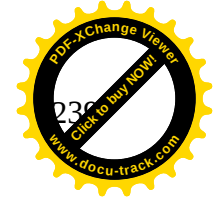
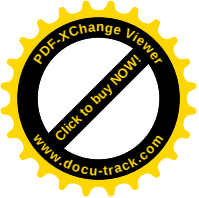
Досліджувані полігони	Загальна кількість гумусу в %	C загальний в %	C гумінових к-т		C фульвокислот		C нерозкладеного залишка		Домінант бентосного угруповання	Біомаса, г/м ²	Солоність водойми, ‰
			% до сухої речовини	% до загально-го, C	% до сухої речовини	% до загального, C	% до сухої речовини	% до загального, C			
Полігон 2а. Бердянська коса	1,54±0,02	0,89±0,03	0,63±0,02	24,8±0,5	0,66±0,02	26,6±0,3	1,20±0,03	48,6±0,4	<i>Cladophora siwaschensis</i>	276	143-167
Полігони 17, 19, 21 коса Арабатська стрілка	0,66±0,05	0,38±0,02	1,04±0,04	32,9±0,8	0,55±0,03	17,3±0,2	1,55±0,04	49,8±0,3	<i>Lyngbya aestuarii</i>	30	135-167
Полігон 1. Білосарайська коса	1,42±0,06	0,82±0,03	0,18±0,01	19,7±0,7	0,46±0,02	29,9±0,4	1,13±0,03	47,6±0,4	<i>Lyngbya aestuarii</i>	235	45-74,2
Полігон 5. Обіточна коса	1,40±0,04	0,81±0,04	0,79±0,03	36,8±0,8	0,29±0,01	13,4±0,1	1,06±0,01	49,8±0,4	<i>Lyngbya aestuarii</i>	160	108-169
Полігон 13. Лівий берег Молочного лиману	1,39±0,08	0,81±0,03	1,30±0,04	28,9±0,5	0,53±0,03	12,0±0,1	2,66±0,05	59,2±0,5	<i>Lyngbya aestuarii</i>	38	55-112
Полігон 6. Узбережжя Азовського моря, околиці с. Строганівка	0,53±0,07	0,31±0,01	1,14±0,04	25,7±0,4	0,67±0,04	15,2±0,2	2,63±0,04	59,2±0,4	<i>Lyngbya aestuarii</i>	25	55-112
Полігон 10. Урочище Тубальський лиман, околиці с. Новокостянтинівка	1,10±0,05	0,63±0,02	0,96±0,03	25,2±0,9	1,02±0,04	27,2±0,3	1,80±0,03	47,6±0,3	<i>Lyngbya aestuarii</i>	37	55-112
Коеф. кореляції із біомасою водорост. розростань	0,73	—	-0,85	—	-0,34	—	-0,75	—	—	—	—
Коеф. кореляції із солоністю ропи	0,02	—	0,09	—	-0,23	—	-0,44	—	—	—	—



Отримані дані свідчать про те, що домінантний склад макроскопічних водоростевих розростань не впливає на вміст гумусових речовин, а суттєвий вплив здійснює їх біомаса: чим вона вища, тим вищий вміст гумусу в пелоїді. Коефіцієнт кореляції між загальним вмістом гумусових речовин та біомасою водоростей складає 0,73. Вміст гумінових кислот показує від'ємну кореляцію зі значеннями біомаси розростань ($r = - 0,85$). Так, найвищий вміст як гумінових ($1,30 \pm 0,04$), так і фульвокислот ($1,02 \pm 0,04\%$) відмічено в чорних неокислених пелоїдах під матами ціанопрокаріоти *Lyngbya aestuarii* (Молочний та Тубальський лимани, відповідно), де показники біомаси водоростевих розростань були найнижчими.

7.2. Ферментативна активність пелоїдів гіпергалійних водойм досліджених полігонів

Для оцінки якості лікувальної дії пелоїду важливе значення має ферментативна активність. Ферменти є продуктами життєдіяльності різних груп мікроорганізмів, і певною мірою визначають склад його органічної речовини, а також колоїдні та бактерицидні властивості. З великого різноманіття ферментів, які продукуються мікроорганізмами пелоїдів, найбільший інтерес для вивчення становлять каталаза, інвертаза, уреаза, фосфатаза, дегідрогеназа та пероксидаза. Каталаза пов'язана з діяльністю всіх аеробних мікроорганізмів, тому цей фермент завжди можна виявити в пелоїді. Інвертаза поширена в природі, вона є в багатьох мікроорганізмах, трапляється майже в усіх типах пелоїдів. Її активність є характерним показником типів пелоїдів і їхніх біологічних властивостей. Уреаза, або карбамід-амідогідролаза, – фермент класу гідролаз, бере участь у циклі розкладання нітрогеновмісних органічних сполук: білків, нуклеїнових кислот, каталізує гідроліз сечовини. Продуктом реакції є амоніак. Фосфатаза – фермент, що каталізує гідроліз естерів фосфорної кислоти. Дегідрогеназа – важливий фермент, який бере участь у процесі дезамінування амінокислот. Пероксидаза – фермент, що каталізує окислення з допомогою H_2O_2 різних



неорганічних і органічних речовин [156].

Згідно зі шкалою Д. Г. Звягінцева [353], запропонованою для ферментативної активності ґрунтів, значення активності можуть розглядатися як показник ступеня збагаченості пелоїду відповідною групою ферментів (табл. 7.2).

Оскільки ферменти в біокосних системах розглядаються як продукти життєдіяльності різних груп мікроорганізмів, оцінки ступеню збагачення ними таких систем певним чином можуть бути використані для реєстрації ступеню відмінностей мікробних ценозів під різними водоростевими угрупованнями.

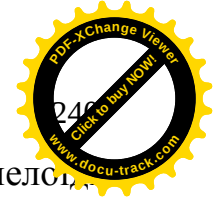
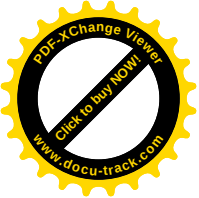
Таблиця 7.2

Шкала для оцінки ступеня збагаченості ферментами за Д. Г. Звягінцевим

Ступінь збагаченості	Активність ферментів				
	Каталаза, O_2 см ³ г/1хв	Інвертаза, мг глюкози на 1г ґрунту	Уреаза, мг аміаку на 1г ґрунту за 24 години	Фосфатаза, P_2O_5 мг/10 г ґрунту за 1 годину	Дегідрогеназа, мг формазану на 10 г ґрунту за 24 години
Дуже бідна	<1	<1	<5	<3	<0,5
Бідна	1-3	1.3	5-15	3-10	0,5-1,5
Середньозбагачена	3-10	3-10	15-50	10-30	1,5-5,0
Богата	10-30	10-30	50-150	30-100	5,0-15
Дуже богата	>30	>30	>150	>100	>15

Результати дослідження активності ферментів пелоїдів гіпергалійних водойм наведені в табл. 7.3. На основі представлених даних можна стверджувати, що за оцінками ферментативної активності як чорні, так і сірі пелоїди характеризуються як біокосні системи з дуже низьким та низьким ступенем забезпеченості каталазами, уреазамі, фосфатазами та дегідрогеназами.

Високий рівень каталазної активності, індукований значною кількістю



утилізованих субстратів-пероксидів, буде відповідати формуванню в пелоїдах біохімічних умов, несприятливих для протікання нормальних процесів деградації рослинних залишків [156].

Згідно зі шкалою Д.Г. Звягінцева збагаченість пелоїдів каталазою є бідною та коливається від 1,45 до 2,00 $\text{O}_2 \text{ см}^3 \text{ г/1хв}$. Це сприяє створенню оптимальних умов для деструкції водорослевої мортмаси. На активність ферменту каталаза впливає солоність ($r=-0,63$).

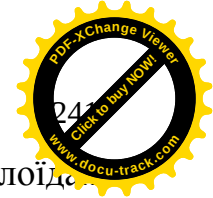
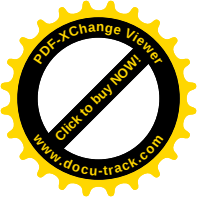
Важливими характеристиками пелоїдного вуглецевого обміну є показники активності комплексу ферментів, які розкладають вуглеводи, що містяться в пелоїді.

Активність інвертази є одним із показників, який використовується для оцінки швидкості розкладання в пелоїді дисахаридів і близьких до них вуглеводів на молекули глюкози та фруктози. Вуглеводи є джерелом вуглецю, енергії й визначають мікробіологічну активність. Найбільш високі показники активності інвертази зафіксовано в чорних неокислених пелоїдах у гіпергалійних водоймах на околиці с. Строганівка (полігон 6), на Обіточній косі (полігон 5) під макроскопічним розростанням *Lyngbya aestuarii*.

За шкалою Д.Г. Звягінцева активність ферментів цих пелоїдів можна оцінити як «середньозбагачені». Найменша активність інвертази спостерігається під макроскопічним розростанням *Lyngbya aestuarii* в чорних неокислених пелоїдах гіпергалійних водойм на околиці с. Новокостянтинівка в урочищі Тубальський лиман (полігон 10) та на Білосарайській косі (полігон 1). Відмічено залежність активності ферменту від солоності ропи ($r=0,66$).

З дією уреазі пов'язані процеси гідролізу та перетворення сечовини в доступну форму Нітрогену. Уреаза в значних кількостях може утворитися в пелоїдах як проміжний продукт метаболізму нітрогенорганічних сполук. У пелоїдах уреазі пов'язана з органо-мінеральним комплексом і має високу стійкість проти інгібуючих факторів.

Максимальні показники активності уреазі виявлено в пелоїдах під макроскопічним розростанням *Lyngbya aestuarii* гіпергалійних водойм на



околиці с. Білосарайська коса (полігон 1), мінімальні показники – у пелоїдах с. Новокостянтинівка (полігон 10) (табл. 6.6). Швидкість розкладання сечовини в пелоїдах на околиці с. Новокостянтинівка (полігон 10) була істотно нижчою, порівняно з іншими пробними площами.

За активністю ферменту уреаза, пелоїди полігонів дослідження можуть бути оцінені як «дуже бідні». Встановлено залежність між активністю ферменту та біомасою бентосного макроскопічного водоростевого розростання ($r=0,59$). Ймовірно, відносно низька активність уреази пов'язана з низьким вмістом нітрогенорганічних сполук у пелоїдах.

Активність фосфатази варіювала від 0,43 (P_2O_5 мг/10г ґрунту за 1 годину) (Білосарайська коса, полігон 1) до 1,42 (P_2O_5 мг/10г ґрунту за 1 годину) (Обіточна коса, полігон 5) (табл. 7.3). Значення активності ферменту фосфатаза варіювала в діапазоні «дуже бідні» - «бідні».

Діаметрально протилежна картина спостерігається з активністю дегідрогенази: максимальна активність зафіксована в пелоїдах Білосарайської коси, а мінімальна – у пелоїдах Обіточної коси. Проте, значення активності ферментів у пелоїдах, як і у випадку із фосфатазою знаходилось в межах значень «дуже бідні» - «бідні».

Таким чином, простежується певний «антагонізм» цих ферментів, коли підвищений рівень фосфатазної активності збігався з невисокими показниками дегідрогеназної активності та навпаки.

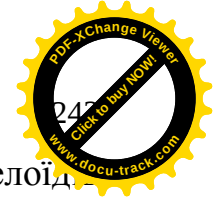
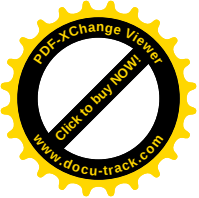
Активність пероксидази коливається від 3,84 (мг пурпургаліну за 24 г/1г ґрунту) (Обіточна коса, полігон 5) до 8,12 (мг пурпургаліну за 24 г/1г ґрунту) (Білосарайська коса, полігон 1). В пелоїдах Білосарайської коси відбуваються більш інтенсивні окисно-відновні процеси.

Спостерігається кореляційна залежність між активністю пероксидази у пелоїдах та солоністю ропи ($r=-0,83$), а також «антагонізм» між цим ферментом та ферментом фосфатаза. В шкалі Д.Г. Звягінцева не надається інформація про залежність між активністю пероксидази та збагаченістю ґрунту цим ферментом.

Таблиця 7.5

Активність ферментів у пелоїдах під бентосними водоростевими розростаннями з різними домінантами

Досліджувані полігони	Полігон 2а. Бердянська коса	Полігони 17, 19, 21. коса Арабатська стрілка	1. Полігон Білосарайська коса	Полігон 5. Обігочна коса	Полігон 13. Лівий берег Молочного лиману	Полігон 6. Узбережжя Азовського моря, околиці с. Строганівка	Полігон 10. Урочище Тубальський лиман, околиці с. Новокосятинівка	Коефіцієнт кореляції між активністю ферментів та біомасою	Коефіцієнт кореляції між активністю ферментів та солоністю води
Домінант бентосного угруповання	<i>Cladophora siwaschensis</i>	<i>Lyngbya aestuarii</i>	<i>Lyngbya aestuarii</i>	<i>Lyngbya aestuarii</i>	<i>Lyngbya aestuarii</i>	<i>Lyngbya aestuarii</i>	<i>Lyngbya aestuarii</i>	–	–
Каталаза, O ₂ см ³ г/хв	1,74±0,04	1,45±0,03	1,92±0,05	1,74±0,04	1,62±0,04	2,00±0,06	1,96±0,05	0,12	-0,64
	бідна	бідна	бідна	бідна	бідна	бідна	бідна		
Інвертаза, мг глюкози на 1г ґрунту	21,3±0,4	20,2±0,4	10,3±0,2	22,4±0,4	17,6±0,3	23,7±0,5	8,7±0,2	-0,04	0,66
	середньозбагачена	середньозбагачена	бідна	середньозбагачена	середньозбагачена	середньозбагачена	бідна		
Уреаза, мг аміаку на 1г ґрунту за 24 години	1,48±0,03	1,54±0,05	2,23±0,06	1,63±0,04	1,31±0,02	1,30±0,02	0,48±0,01	0,59	0,03
	дуже бідна	дуже бідна	дуже бідна	дуже бідна	дуже бідна	дуже бідна	дуже бідна		
Фосфатаза, Р ₂ О ₅ мг/10 г ґрунту за 1 годину	0,69±0,03	0,63±0,03	0,43±0,02	1,42±0,05	0,89±0,04	0,97±0,04	1,32±0,05	-0,35	0,06
	бідна	бідна	дуже бідна	бідна	бідна	бідна	бідна		
Дегідрогеназа, мг формазану на 10 г ґрунту за 24 години	1,01±0,03	1,46±0,04	1,61±0,05	0,67±0,02	1,50±0,04	0,94±0,03	1,07±0,03	-0,08	0,2
	бідна	бідна	бідна	дуже бідна	бідна	дуже бідна	бідна		
Пероксидаза, мг пурпургаліну за 24г/1г ґрунту	4,29±0,05	4,07±0,04	8,12±0,08	3,84±0,04	7,19±0,07	4,62±0,04	7,83±0,08	-0,05	-0,83
Біомаса, г/м ²	276±26	30±5,5	235±23	160±16	38±5	25±3	37±5	–	–
Солоність водойми, ‰	143-167	135-167	45-74,2	108-169	55-112	55-112	55-112	–	–



Отже, у результаті дослідження було встановлено, що зразки пелоїд гіпергалійних водойм названих вище полігонів мають ферментативну активність, яка значно варіюється. Пелоїди істотно відрізняються за активністю ферментів, проте, загалом показник ступеня збагаченості ферментами не виходять за межі оцінки «дуже бідні – середньозбагачені». Найбільш низька активність ферментів спостерігається для уреаз, найбільш висока – для інвертази.

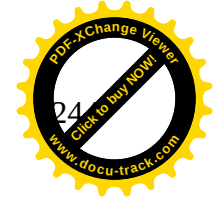
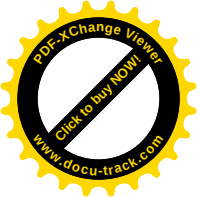
Для деяких ферментів виявлено кореляції їх активності в пелоїді з біомасою водоростевих розростань або солоністю ропи. Так, із солоністю ропи позитивно корелює активність інвертази ($r = 0,66$), негативно - активність пероксидази та каталази ($r = -0,83$ та $-0,63$, відповідно). З біомасою водоростевого розростання позитивно корелює лише активність уреаз ($r = 0,59$).

Таким чином, за ферментативною активністю чітких відмінностей між пелоїдами під розростаннями ціанопрокаріот та зелених водоростей виявлено не було, хоча відмічена тенденція реєстрації більш високих значень такої активності в чорних неокислених мулових сульфідних пелоїдах.

7.3. Амінокислотний склад різних бентосних макроскопічних розростань водоростей і пелоїдів під ними

Біологічно активні речовини (БАР) – загальна назва речовин, що мають виражену фізіологічну активність. Цим терміном називають речовини, що мають помітний стимулюючий, або пригнічувальний вплив на біохімічні процеси *in vivo* або *in vitro*. До біологічно активних речовин належать органічні кислоти та амінокислоти, ферменти, ліпіди та жирні кислоти, вітаміни тощо [101, 374].

Водорості є джерелом різних БАР. Як основа водних екосистем і гіпергалійних водойм досліджених полігонів, водорості відіграють важливу роль не тільки у створенні запасів органічних речовин, а й у формуванні складу БАР. Біологічно активні сполуки, потрапляючи в пелоїди, у свою



чергу, впливають на їхню бальнеологічну цінність.

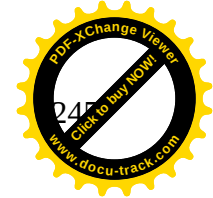
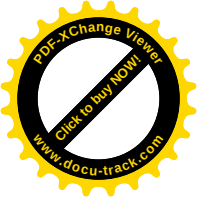
Серед біологічно активних сполук водоростей значною різноплановістю участі в метаболічних процесах характеризуються органічні кислоти й амінокислоти. З-поміж них виявлено низку стимуляторів та інгібіторів росту та розмноження водоростей, регуляторів фотосинтетичних процесів і дихання [374].

Органічні кислоти виявлені в таломмах, а також у певних позаклітинних метаболітах водоростей різних таксономічних груп, у тому числі зелених і ціанопрокаріот, проте, чіткого зв'язку між систематичним положенням водоростей не відзначено. Як відомо, кількісний і якісний склад синтезованих усередині клітин і виділених у довкілля органічних кислот залежить від біологічних особливостей виду, етапу онтогенезу та ступеня життєздатності клітин, від співвідношення продукційно-деструкційних процесів і умов росту [375].

Наприклад, у ціанопрокаріоти роду *Aphanizomenon* виявлені дикарбонові, гідрокси-, розгалужені та ненасичені кислоти, при цьому частка дикарбонових кислот може становити від 4,52 до 7,14% [376]. При певних умовах вміст органічних кислот можуть досягати 80-90 % прижиттєвих метаболітів водоростей [375, 377].

Якісний і кількісний склад амінокислот, які потрапляють у воду, визначається видовими особливостями водоростей, їхнім фізіологічним станом, рівнем накопичення біомаси [375, 376]. На сьогодні більшість відділів водоростей досліджено в плані якісного (а іноді кількісного) вмісту в них різних амінокислот.

В літературних джерелах наявна інформація присвячена характеристиці амінокислот, розчиненим у товщі морської води та морських відкладеннях [376, 378]. Водночас ще не вивчено амінокислотний склад водоростей, що утворюють бентосні макроскопічні розростання в гіпергалійних водоймах із непостійним гідрологічним режимом і незначною глибиною (до 1м), де вони є практично єдиними продуцентами. Органічна речовина донних відкладень



– пелоїдів – у цьому разі формується за рахунок мортмаси водоростей.

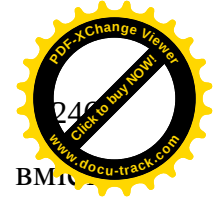
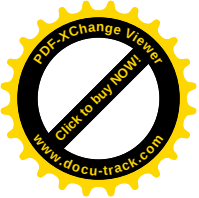
У природних водах амінокислоти накопичуються як у результаті прижиттєвих виділень їх водоростями, так і внаслідок синтезуючої діяльності бактерій та біологічного гідролізу сполук, що містять білок. Розвиваючись і відмираючи у водному середовищі, водорості служать джерелом поповнення лабільних органічних нітрогеновмісних сполук природних вод.

У складі клітин більшості водоростей виявлено звичайні L-амінокислоти [377].

Вміст білків у клітинах водоростей може бути досить високим. Амінокислотний склад білків ціанопрокаріот (незалежно від їх виду) схожий. Наприклад, загальний вміст білка в культурі становить для *Anabaena cylindrica*, *Microcystis aeruginosa* – 30-35 % сухої речовини, *Spirulina platensis* – 40 %, *Spirulina maxima* – 65-70% [379]. Для ціанопрокаріот характерний високий вміст аспарагінової та глютамінової кислот, аланіну, проліну, лейцину, валіну, а сума таких амінокислот, як лізин, аргінін, гістидин, наприклад, в *Anabaena cylindrica*, *Microcystis aeruginosa*, *Lyngbya aestuarii*, *Nostoc muscorum* може становити 25-35% від загальної кількості амінокислот [379, 380]. Лізин та аргінін можуть давати приблизно 1/3 всього Нітрогену амінокислот. Склад амінокислот змінюється на різних етапах онтогенезу водоростей. Наприклад, в *Anabaena naviculoides* на стадії гетероцист збільшується вміст вільних амінокислот і утворюються такі, яких раніше не було, наприклад, γ -аміномасляна кислота [381]. Це свідчить про значну лабільність і мінливість запасу амінокислот у клітині [382].

На основі досліджень встановлено, що білки представників різних відділів – *Chlorella vulgaris*, *Anabaena cylindrica*, *Navicula pelliculosa* – містять приблизно однакову кількість гліцину, фенілаланіну, лейцину, ізолейцину, метіоніну та проліну. Відмінності спостерігаються лише в кількості аргініну, гістидину, лізину, тирозину, серину, глютамінової кислоти [362, 374, 383].

Дотепер немає єдиної думки про співвідношення у водоростей вільних і



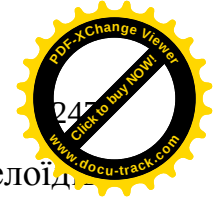
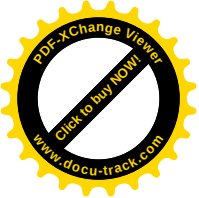
зв'язаних амінокислот. Одні автори вважають [384], що загальний вміст вільних амінокислот у природних популяцій бурих, зелених водоростей і ціанопрокаріот звичайно є нижчим, ніж у вищих рослин (наприклад, у *Cystoseira* він становить 89 мкг/г, у *Acetabularia* – 3374 мкг/г сухої речовини), причому понад 70% їхнього складу представлено аспарагіноювою кислотою, треоніном, серином, глутаміном, гліцином, аланіном та ін. Інші автори [385] стверджують, що в морських водоростей 26 амінокислот наявні у вільному вигляді, а в складі білків і пептидів виявлено у великій кількості тільки 4 амінокислоти (або 6).

Дифундовані водоростями в довкілля, амінокислоти є важливим компонентом розчинних органічних речовин (РОР) природних вод [386]. Концентрація амінокислот у воді зазнає добових і сезонних змін та залежить від рівня продукції фітопланктону, його видових особливостей і функціональної активності [386, 387]. Амінокислотний склад РОР у прибережних водах різноманітніший, ніж у відкритих, і відображає склад білків прибережного фітопланктону [386].

Гетерогенно розподілені амінокислоти й по вертикалі водойм: у поверхневому мікрошарі (до 1 мм) концентрація амінокислот відповідно в 10^2 - 10^4 разів вища, ніж у нижчих шарах води [388]. Дослідники вважають, що показник вмісту амінокислот у солоних водах, який перевищує 150 мкг/л, свідчить про їхню високу продуктивність [387].

Порівняння вмісту амінокислот у пробах води й клітинах мікроводоростей, відібраних в одних місцях, як зазначає Г.І. Несветова [386], показало що амінокислоти, які переважають серед РОР, становлять значну частину білка водоростей. Наприклад: аргінін і глютамін – до 11,5%, фенілаланін і лейцин з ізолейцином – до 19%.

В анаеробних умовах, характерних для мулових вод, зафіксовано високі концентрації амінокислот. У мікробних матах водних екосистем Байкальського регіону домінантними амінокислотами є аргінін, серин, триптофан, фенілаланін [389].

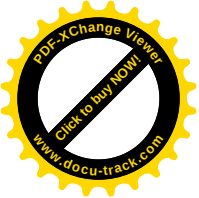


Вміст амінокислот є одним із показників біологічної активності пелоїдів [92]. Основним джерелом амінокислот пелоїдів гіпергалійних водойм є організми, які їх населяють, перш за все – водорості.

Значна кількість як амінокислот, так і органічних кислот прижиттєво виділяється в довкілля й знову поглинається клітинами, виконуючи важливі функції в процесах метаболізму, міжклітинних і міжорганізменних зв'язках. Органічні кислоти та амінокислоти відіграють важливу роль у формуванні буферності та карбонатної рівноваги середовища, в органотрофії та мінеральному живленні водоростей. Наприклад, доведено, що органічні кислоти, які виділяються ціанопрокаріотою *Entophysalis granulose* Kützing 1843, розчиняють вапняні породи коралових островів, забезпечуючи клітини необхідною кількістю неорганічного вуглецю та інших елементів [390]. Не виключена участь карбоксильних груп цих сполук також і в резервуванні неорганічного вуглецю [391].

Таким чином, в літературі наводиться достатньо відомостей про якісний та кількісний склад амінокислот у прісноводних та морських екосистемах, а також у водоростей різних таксономічних груп, на підставі чого, можна зробити висновок про суттєву чи навіть вирішальну роль водоростей у формуванні амінокислотного спектра в прісних водоймах та морях. Проте дані про амінокислотні спектри мулових сульфідних пелоїдів дуже обмежені, а про амінокислотний склад водоростей, що утворюють основні типи макроскопічних розростань у родовищах пелоїдів Приазов'я взагалі відсутні. Для з'ясування ролі водоростей у формуванні амінокислотного спектра чорних неокислених та сірих окислених мулових сульфідних пелоїдів на двох полігонах (коса Арабатська стрілка та Бердянська коса) був проаналізований якісний та кількісний склад амінокислот як в обох цих типах пелоїдів, так і в розташованих над ними водоростевих матах *Lyngbya aestuarii* та *Cladophora siwaschensis*.

В обох типах пелоїдів, як і в розростаннях обох видів водоростей, було виявлено 17 амінокислот (табл. 7.4) [392, 393].



У бентосних макроскопічних розростаннях зеленої водорості *Cladophora siwaschensis* і ціанопрокаріоти *Lyngbya aestuarii* переважали в кількісному відношенні глютамінова, аспаргінова кислоти та гліцин, які посідали перші місця у відповідних спектрах.

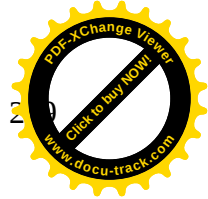
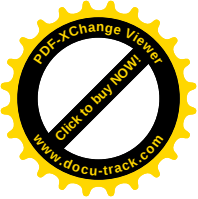
Загалом тенденції послідовного зменшення кількості амінокислот, а відповідно й місця в спектрі в бентосних макроскопічних розростаннях зеленої водорості та ціанопрокаріот багато в чому схожі. Найбільшу відмінність виявлено для лізину й тирозину.

Вміст амінокислот у бентосних розростаннях, утворених зеленою водорістю *Cladophora siwaschensis*, значно перевищує аналогічний показник для ціанопрокаріоти *Lyngbya aestuarii* – 0,95 % і 0,25% відповідно.

У сірих окислених пелоїдах гіпергалійних водойм Бердянської коси під бентосними макроскопічними розростаннями зеленої водорості переважають аспарагінова та глютамінова кислоти, у меншій кількості – гліцин, аланін, а на Арабатській стрілці під розростаннями ціанопркаріот, крім названих амінокислот, виявлено також достатню кількість лейцину, валіну, фенілаланіну, серину й треоніну.

Амінокислотні спектри пелоїдів та відповідних водоростевих розростань за відносним вмістом кожної конкретної амінокислоти (від 0,003 до 0,157% на суху речовину) були схожі (табл. 7.4): коефіцієнт кореляції $r=0,92$ між спектрами чорного неокисленого пелоїду та ціанопрокаріотичного мату *Lyngbya aestuarii*, та $r=0,98$ між спектрами сірого окисленого пелоїду та еукаріотичного мату *Cladophora siwaschensis*. Наявність такого сильного зв'язку підтверджує припущення про те, що саме відповідні бентосні угруповання водоростей є основним джерелом надходження амінокислот у розташовані під ними пелоїди.

Проте тенденції накопичення амінокислот у пелоїдах істотно відрізняються: у чорних неокислених пелоїдах, які знаходяться під



Таблиця 7.4

Амінокислотний склад різних бентосних розростань водоростей і пелоїдів, %

Амінокислоти	Домінант <i>Cladophora siwaschensis</i> (полігон 2a)			Домінант <i>Lyngbya aestuarii</i> (полігон 17)				
	Місце в спектрі кількістю біомасі водоростей	В за в	Водорості, %	Пелоїди, %	Місце в спектрі кількістю біомасі водоростей	В за в	Водорості, %	Пелоїди, %
Глутамінова кислота	1		0,157±0,005	0,098±0,005	1		0,035±0,003	0,061±0,003
Аспарагінова кислота	2		0,123±0,004	0,085±0,005	2		0,032±0,003	0,035±0,002
Гліцин	3		0,074±0,003	0,059±0,004	3		0,024±0,002	0,029±0,003
Лейцин	4		0,072±0,003	0,042±0,003	5-6		0,020±0,002	0,030±0,003
Аланін	5		0,072±0,003	0,051±0,004	4		0,021±0,002	0,028±0,002
Валін	6		0,066±0,003	0,040±0,003	5-6		0,020±0,002	0,026±0,002
Лізін	7		0,053±0,003	0,032±0,003	12		0,009±0,002	0,017±0,002
Треонін	8		0,049±0,003	0,036±0,003	7-8		0,017±0,002	0,022±0,002
Серин	9		0,047±0,003	0,037±0,003	7-8		0,017±0,002	0,021±0,002
Фенілаланін	10		0,045±0,003	0,031±0,002	9		0,014±0,002	0,027±0,002
Тирозин	11		0,044±0,003	0,027±0,002	14		0,005±0,001	0,010±0,001
Аргінін	12		0,042±0,003	0,035±0,003	10-11		0,011±0,002	0,016±0,002
Ізолейцин	13		0,041±0,003	0,026±0,002	10-11		0,011±0,002	0,019±0,002
Пролін	14		0,030±0,003	0,027±0,002	13		0,006±0,001	0,018±0,002
Гістидин	15		0,014±0,002	0,006±0,001	15		0,003±0,0005	0,005±0,001
Метіонін	16		0,013±0,002	0,003±0,0005	17		0,001±0,0005	0,002±0,0005
Цистин	17		0,010±0,001	0,003±0,0005	16		0,002±0,0005	0,005±0,001
Усього			0,95	0,64			0,25	0,37

розростаннями *Lyngbya aestuarii* в гіпергалійних водоймах коси Арабатської стрілки відбувається акумуляція амінокислот, а в сірих окислених пелоїдах гіпергалійних водойм Бердянської коси, які знаходяться під розростаннями *Cladophora siwaschensis* спостерігається «ефект згоряння», що фіксується відповідно через перевищення чи зменшення абсолютної кількості амінокислот у пелоїдах порівняно з макроскопічним роцростанням водоростей. Як за загальним вмістом амінокислот, так і у випадку із кожною окремою амінокислотою, відмічено значно вищі показники у розростанні *Cladophora siwaschensis* у порівнянні з пелоїдом під макроскопічними розростаннями цієї водорості. Вміст амінокислот в розростанні складає 0,95%, а в пелоїді – 0,64%.

Протилежна картина спостерігається у випадку, коли домінантом виступає *Lyngbya aestuarii*. Вміст як кожної окремої амінокислоти, так і їх загальний вміст є значно вищим у пелоїді, ніж у розростанні. Так, загальний вміст амінокислот в розростанні складає 0,25%, а в пелоїді – 0,37% (рис. 7.1).

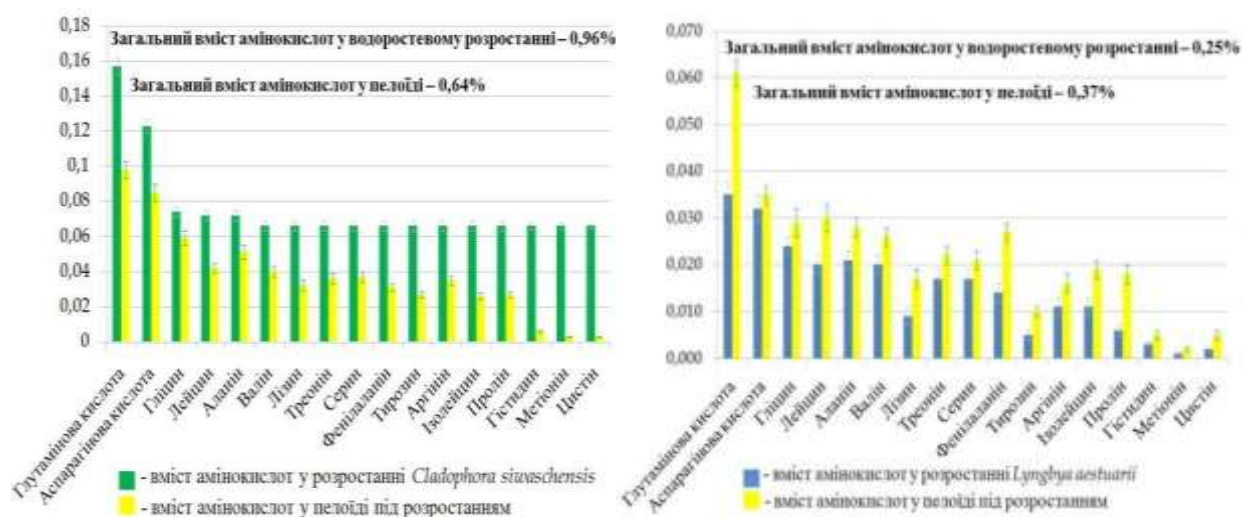
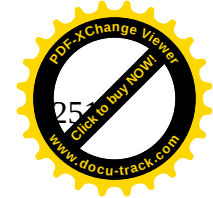
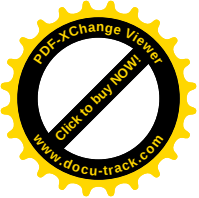


Рис. 7.1. Спектри амінокислот у чорних пелоїдах і розростаннях *Lyngbya aestuarii* (ліворуч) та у сірих пелоїдах і розростаннях *Cladophora siwaschensis* (праворуч)

Накопичення окремих амінокислот у пелоїдах Бердянської коси та Арабатської стрілки, порівняно з вихідним їх вмістом у макроскопічних



розростання водоростей, відрізняється (табл. 7.4, 7.5).

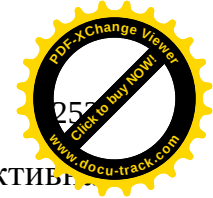
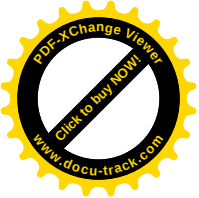
Виділяються три групи амінокислот за особливостями їх накопичення в пелоїдах. Перша характеризується уповільненим процесом деструкції, друга – активним процесом деструкції, третя – відносним балансом процесів деструкції та акумуляції (табл. 7.5). Ця класифікація загалом відображає особливості накопичення та деструкції амінокислот зелених водоростей і ціанопрокаріот у певних окисно-відновних умовах гіпергалійних водойм.

Таблиця 7.5

Накопичення амінокислот, їх місце в спектрі в пелоїдах під різними домінантами бентосних водоростевих розростань

Амінокислоти	Домінант <i>Cladophora siwaschensis</i> (полігон 2a)		Домінант <i>Lyngbya aestuarii</i> (полігон 17)	
	Місце в спектрі	Накопичення амінокислот, %	Місце в спектрі	Накопичення амінокислот, %
Пролін	1	90	1	300
Аргінін	2	83,3	11	250
Гліцин	3	79,7	16	200
Серин	4	78,7	15	200
Треонін	5	73,5	14	192,9
Аланін	6	70,8	12	188,9
Аспарагінова кислота	7	69,1	17	174,3
Фенілаланін	8	68,9	5	172,7
Ізолейцин	9	63,4	8	166,7
Глутамінова кислота	10	62,4	7	150,0
Тирозин	11	61,4	3	145,5
Валін	12	60,6	13	133,3
Лізін	13	60,4	6	130,0
Лейцин	14	58,3	10	129,4
Гістидин	15	42,9	9	123,5
Цистин	16	30,0	2	120,8
Метіонін	17	23,1	4	109,4

Незалежно від окисно-відновних умов у гіпергалійних водоймах, є низка амінокислот, для яких спостерігаються схожі закономірності, зокрема,



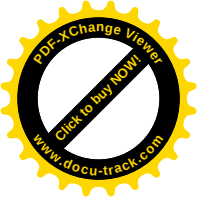
уповільнена деструкція для проліну, ізолейцину, фенілаланіну й активна деструкція для аспарагінової, глютамінової кислота, валіну, лейцину.

В умовах гіпергалійних водойм Бердянської коси повільно розкладаються пролін, аргінін, серин, треонін, фенілаланін, ізолейцин; стан рівноваги відзначено для гліцину, аланіну, тирозину, гістидину, цистину, метіоніну; активна деструкція характерна для аспарагінової та глютамінової кислот, валіну, лізину, лейцину.

У гіпергалійних водоймах Арабатської стрілки тенденції уповільненого процесу деструкції для амінокислот із розростань ціанопрокаріот спостерігалися для проліну, цистину, тирозину, метіоніну, фенілаланіну, лізину, гістидину, ізолейцину; стан рівноваги – для аргініну; активна деструкція – для аспарагінової та глютамінової кислот, гліцину, аланіну, серину, треоніну, валіну, лейцину.

Таким чином, у бентосних макроскопічних розростаннях водоростей і пелоїдах виявлено 17 амінокислот. Склад амінокислот водоростевих розростань корелює з амінокислотами відповідних їм пелоїдів гіпергалійних водойм Бердянської коси на 98%, коси Арабатська стрілка – на 92%. Тенденції накопичення амінокислот у пелоїдах істотно відрізняються: у чорних сульфідних неокислених пелоїдах вміст амінокислот є вищим, ніж у розташованих над ними розростаннях *Lyngbya aestuarii*, у сірих окислених пелоїдах, навпаки, вміст амінокислот нижчий, ніж у розростаннях *Cladophora siwaschensis*. Це свідчить про те, що під розростаннями ціанопрокаріот відбувається акумуляція амінокислот, тоді як під розростаннями зелених водоростей спостерігається так званий «ефект згоряння», можливо, внаслідок їх окислення або ресуспендування.

Все зазначене вище вказує на те, що розростання, утворені ціанопрокаріотами є тим самим агентом, який здійснює функцію природного захисту та формує оптимальні умови для утворення та зберігання мулових сульфідних пелоїдів.

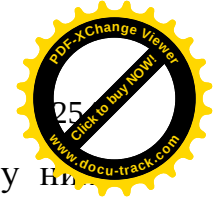
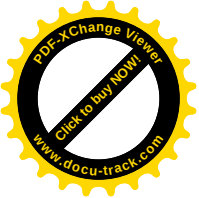


7.4. Жирнокислотний склад різних бентосних макроскопічних розростань водоростей і пелоїдів під ними

Серед біологічно активних сполук водоростей значний інтерес представляють ліпіди як такі, що не тільки виконують пряму регуляторну роль у функціонуванні клітинних мембран, але й безпосередньо пов'язані з метаболічними процесами: через гліцерин – з обміном вуглеводів, через жирні та ацетилоцтові кислоти – з циклом ді- та трикарбонових кислот, а також із біосинтезом терпенів, стеринів, а через них – із вітаміном групи D. Клітини водоростей виділяють у довкілля значну кількість ліпідів (8-10% сухої речовини клітин). Наприклад, *Ochromonas danica* E.G.Pringsheim 1955 [374] виділяє метаболіти, які на 2/3 представлені нейтральними ліпідами, стеринами, вільними жирними кислотами, пігментами, ефірами стеринів; на 1/3 – сульфоліпідами, гліколіпідами та фосфатидами. На сьогодні вже досліджено ліпіди близько 100 видів водоростей. Наявні дані свідчать про складову та функціональну неоднорідність ліпідів у водоростей різних систематичних груп [374-490].

Потрапивши в середовище з клітин водоростей, ліпіди як гідрофобні сполуки протягом значного часу зберігають реакційну здатність, беруть участь у трансформації POP води та сорбуються на зовнішньому боці мембран гідробіонтів. Не виключено потрапляння ліпідів і продуктів їхньої трансформації разом із водою в організм теплокровних тварин [354].

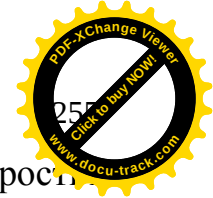
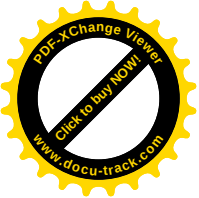
Ліпіди ціанопрокаріот вивчені порівняно повно [354, 362, 375], однак про їхню біологічну активність відомо мало. За складом ліпіди водоростей представлені як запасними жирами – тригліцеридами, так і фосфо- та гліколіпідами клітинних структур [477]. Вміст ліпідів варіює від 2 до 18% сухої речовини клітин [482]. У якісному складі ліпідів, як і в їх кількісних характеристиках, у різних видів спостерігається велика гетерогенність, хоча основні етапи синтезу та елонгації жирних кислот у водоростей (наприклад, в *Anabaena variabilis*) і вищих рослин аналогічні, за винятком механізму утворення ненасичених жирних кислот [483].



Сумарний вміст ліпідів і співвідношення окремих компонентів у них залежать від видових особливостей і низки абіотичних факторів, зокрема, освітленості, температури, умов живлення. Встановлено, що температурна реакція внутріклітинного складу жирних кислот була схожа у ціанобактерії (*Spirulina platensis*) та еукаріотичних (*Chlorella vulgaris* і *Botryococcus braunii*) мікрроводоростей: незалежно від їх таксономічного положення при підвищенні температури відносний вміст більш ненасичених жирних кислот зменшується [356].

Якісний склад жирних кислот дуже різноманітний. Проте жирних кислот із розгалуженими вуглеводневими ланцюгами, що наявні в бактеріях, у ліпідах ціанопрокаріот не виявлено [477]. У фракційному складі ліпідів спіруліни домінують фосфоліпіди, частка яких може досягати 68-100%. Інші ліпіди представлені жирними кислотами (20-30 %), серед яких переважають ненасичені (20-23% від їх суми) [356]. У представників хроококових водоростей (*Synechococcus* Nägeli 1849, *Chlorogloea* Wille, 1900 та ін.), як і в гормогонієвих (*Nostoc* Vaucher ex Bornet et Flahault 1886, *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont 1892, *Hapalosiphon* Nägeli in Kütz. ex Bornet et Flahault 1887 та ін.), ліпіди представлені переважно жирними кислотами з 16 та 18 атомами вуглецю. При цьому кількість ненасичених жирних кислот (їхній вміст в окремих водоростей сягає 60% від загальної кількості) позитивно корелює зі ступенем морфологічної складності водоростей. Загалом при домінуванні у водоймі представників ціанопрокаріот у воді буде накопичуватися велика кількість найбільш реакційноздатних ненасичених жирних кислот, які потім потрапляють у пелоїди [356].

Із жирних кислот у ціанопрокаріот ідентифіковані капринова, лауринова, міристинова, пальмітинова та стеаринова кислоти. Ненасичені моноєнові кислоти представлені переважно олеїновою, вакценовою, лауринолеїновою, пальмітолеїновою, еруковою кислотами; з поліненасичених у великій кількості виявлено лінолеву. У *Microcystis aeruginosa* та *Anabaena cylindrica* відзначено високий вміст пальмітинової



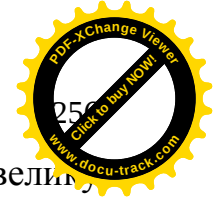
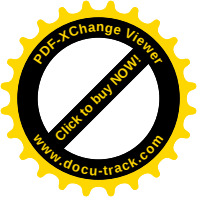
кислоти (до 58,5% від загальної кількості жирних кислот у першій водорості до 42,3% у другій) й порівняно невелику кількість поліненасичених жирних кислот. Для *Spirulina platensis* характерний високий вміст ліноленової кислоти та відсутність капринової. У *Aphanizomenon flos-aquae* виявлені ліноленова та доказодієнова кислоти [482].

Унікальний тип ліпідів, схожих із глікоцидами, мають нітрогенфіксуючі водорості (*A. cylindrica*, *A. flos-aquae*, *Chlorogloea fritschii*). Такі гліколіпіди не виявлені в інших представників цього відділу, а також у зелених, бурих, червоних, жовтозелених морських і прісноводних діатомових водоростях [354].

Особливий інтерес представляють ліпополісахариди, які у великій кількості наявні в ціанопрокаріот. Вони мають високі титри гемаглютинації та майже не містять фосфору.

Зелені водорості характеризуються досить високим вмістом ліпідів. Кількість останніх у клітинах значно коливається (від 10 до 80% сухої речовини) залежно від виду водоростей, віку та умов росту. Вміст ліпідів у клітинах підвищується з віком культури, а також при нітрогенному голодуванні та збільшенні освітленості [482, 484]. За якісним складом вони представлені нейтральними ліпідами, або тригліцеридами; фракцією пігментів, яка містить понад 90% хлорофілу із сумарного ліпідного екстракту; гліколіпідами, фосфо- та сульфоліпідами [485]. Наприклад, із *Chlorella pyrenoidosa* виділено сульфогліколіпід, сульфоглікогліцерин і лізосульфоліпід [486]. Більшість жирних кислот у клітинах перебуває у вигляді тригліцеридів, причому на всіх стадіях розвитку в останніх міститься особливо багато жирних кислот типу моноєнної кислоти та пальмітинової. Серед вільних жирних кислот спостерігається значний вміст ліноленової кислоти [487].

Прісноводні зелені водорості містять переважно кілька жирних кислот, що мають 18 вуглецевих атомів та понад три подвійні зв'язки. Значну кількість жирних кислот, які містять понад 18 вуглецевих атомів, виявлено в



зелених морських водоростей [488]; у них зафіксовано також невелику кількість C_{20} - і C_{22} -жирних кислот, яких немає в червоних і бурих водоростей.

З-поміж жирних кислот, наприклад, у *Chlorella vulgaris* понад 80% представлено ненасиченими сполуками [489]. Із насичених у помітній кількості виявлені тільки пальмітинова, із ненасичених – міристинова, пальмітолеїнова, транс-3-гексадеценава, гексадекадієнова та ліноленова кислоти. Загалом, зелені водорості характеризуються найбільш високими показниками вмісту жирних кислот.

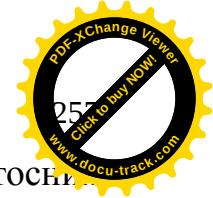
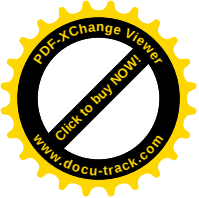
У якісних і кількісних характеристиках ліпідів чітко проявляється видова специфічність. Так, *Cladophora glomerata* містить максимальну кількість фосфоліпідів (близько 10% маси загальних ліпідів), порівняно з *Ulothrix zonata*, *Spirogyra* sp., *Scenedesmus dimorphus*, *Cosmarium laeve*. Розрізняються види й за переважанням жирних кислот [489].

Змінюється склад ліпідів у вегетативних і репродуктивних клітинах: вегетативні (наприклад, *Protosiphon botryoides*) містять багато фосфоліпідів, однакове співвідношення галактоліпідів і нейтральних ліпідів, водночас у цистах переважають нейтральні ліпіди, а також ненасичені жирні кислоти, але в набагато меншій кількості [490].

Як якісний набір ліпідів водоростей, так і особливо їхні кількісні характеристики залежать від умов і фази росту клітин. Наприклад, у *Chlorella* sp. штам К моногалактозілгліцерида в експоненційній фазі росту становили 2,3-2,5% від сухої речовини, на лінійній – 3,0-3,2% [480].

Таким чином, спектр жирнокислотного складу та ліпідів у водоростях дуже різноманітний і ці біологічно активні речовини можуть становити значну цінність як складники пелоїдів.

Тому на прикладі чорних та сірих пелоїдів під розростаннями *Lyngbya aestuarii* та *Cladophora siwaschensis* були проаналізовані спектри жирних кислот відповідних лікувальних грязей та розташованих над ними водоростевих угруповань (табл. 7.6).



Виявлено різноманітний склад жирних кислот у бентосних макроскопічних розростань водоростей і мулових сульфідних пелоїдах [491] (табл. 7.6).

Насичені жирні кислоти в сірих окислених пелоїдах становлять— 38,24%, а в розташованих над ними макроскопічних розростаннях з домінуванням *Cladophora siwaschensis* - 48,36 %. В обох випадках переважає пальмітинова кислота (35,51 і 18,25% відповідно).

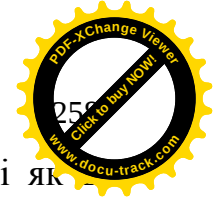
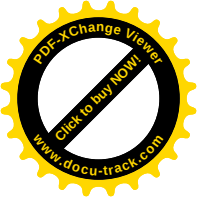
Частка насичених жирних кислот у чорних неокислених пелоїдах складає 52,01%, а в розташованих над ними макроскопічних розростаннях з домінуванням *Lyngbya aestuarii* – 42,29%. У водоростевих розростаннях переважають пальмітинова (12,64%) і арахінова кислоти (12,20%). Вміст стеаринової кислоти – 3,95%, лауринової – 1,33%. Це узгоджується з даними, згідно з якими в більшості видів водоростей вміст стеаринової кислоти становить 0,1-16,3%, а лауринової – близько 0,1-8,6% [468]. Водночас у пелоїдах під бентосним розростанням *Lyngbya aestuarii* основною насиченою жирною кислотою є лауринова – 16,41 %. Слід зазначити, що серед насичених ЖК саме для лауринової кислоти в літературі наводяться відомості про її антибактеріальну та імуностимулюючу активність, а також здатність покращувати регенеративну здатність шкіри.

Виявлено досить високий вміст пальмітинової (8,42%) та ундецилової кислот (5,76%).

Всі інші насичені кислоти в макроскопічних розростаннях і в пелоїдах досліджених водойм наявні в незначній кількості (4,5%).

Ненасичені жирні кислоти становлять більшу частину жирних кислот бентосних макроскопічних розростань водоростей і пелоїдів на Бердянській косі (домінант-*Cladophora siwaschensis*) та косі Арабатська стрілка (домінант-*Lyngbya aestuarii*): на Бердянській косі їх 49,19% (макроскопічні розростання водоростей), 58,54% (пелоїди); на косі Арабатська стрілка – 49,84% (макроскопічні розростання водоростей), 45,64% (пелоїди).

Серед ненасичених жирних кислот в обох типах пелоїдів і в



розростаннях *Lyngbya aestuarii* переважала арахідонова кислота, тоді як розростаннях *Cladophora siwaschensis* - олеїнова.

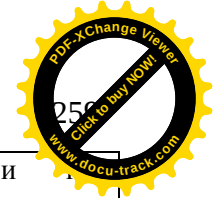
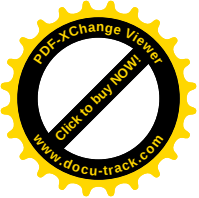
Таблиця 7.6

Спектр жирних кислот у бентосних макроскопічних розростаннях водоростей і пелоїдах досліджених полігонів

Кислота	Домінант <i>Cladophora siwaschensis</i> (полігон 2а)		Домінант <i>Lyngbya aestuarii</i> (полігон 17)	
	Макроскопічні розростання водоростей	Пелоїди під розростаннями водоростей	Макроскопічні розростання водоростей	Пелоїди під розростаннями водоростей
Насичені жирні кислоти				
пальмітинова	35,51±0,44	18,25±0,28	12,64±0,15	8,42±0,12
міристинова	5,16±0,10	1,26±0,05	1,38±0,06	1,99±0,04
стеаринова	1,55±0,09	2,93±0,09	3,95±0,07	3,11±0,06
бегенова	1,49±0,09	2,27±0,08	4,17±0,09	4,12±0,06
арахінова	1,27±0,09	3,55±0,09	12,20±0,14	0,27±0,02
ундецилова	0,75±0,08	1,05±0,06	0,60±0,03	5,76±0,07
ізостеаринова	0,53±0,05	1,29±0,05	0,93±0,04	0,90±0,04
маргарінова	0,44±0,04	0,85±0,04	1,05±0,02	0,55±0,03
лауринова	0,39±0,04	1,87±0,07	1,33±0,05	16,41±0,16
генейкозанова	0,34±0,03	0,92±0,04	0,86±0,04	0,53±0,03
тридеканова	0,26±0,03	0,59±0,03	0,98±0,04	2,12±0,05
ізопальмітинова	0,19±0,02	0,50±0,03	0,12±0,01	4,39±0,09
капринова	0,17±0,02	0,13±0,01	1,08±0,04	0,44±0,03
каприлова	0,12±0,01	0,11±0,01	0,62±0,03	0,39±0,03
пентадеканова	0,10±0,01	0,74±0,04	0,27±0,02	0,53±0,04
ізолауринова	0,08±0,01	0,52±0,03	-	1,80±0,06
ізоміристинова	-	0,51±0,03	0,10±0,01	0,28±0,01
Разом насичених ЖК	48,35	37,34	42,28	52,01
Ненасичені жирні кислоти				
Моноенова кислота				
олеїнова	21,42±0,21	8,18±0,11	5,41±0,10	5,56±0,10
пальмітолеїнова	4,95±0,09	9,89±0,11	5,11±0,09	4,94±0,09
ерукова	1,82±0,07	-	0,96±0,04	0,57±0,03
пентадеценова	0,81±0,05	-	0,31±0,02	1,21±0,02
лауролеїнова	0,38±0,04	0,79±0,06	1,90±0,05	2,44±0,08
міристолеїнова	0,34±0,04	3,46±0,07	1,40±0,07	6,95±0,11
гондова	0,28±0,03	0,10±0,01	-	2,52±0,06
гептадеценова	0,21±0,03	0,56±0,04	0,59±0,03	1,05±0,04
Разом моноенових ЖК	30,21	22,98	15,68	25,24
Поліенова кислота				
арахідонова	12,69±0,14	25,77±0,23	23,62±0,22	13,65±0,12
лінолева	3,56±0,09	2,97±0,07	1,35±0,06	1,77±0,06
докозатетраєнова	1,46±0,06	4,83±0,09	5,81±0,10	1,82±0,06
ліноленова	0,43±0,04	0,74±0,06	1,73±0,07	0,99±0,05

Продовж. табл. 7.6

Кислота	Домінант <i>Cladophora siwaschensis</i> (полігон 2а)	Домінант <i>Lyngbya aestuarii</i> (полігон 17)
---------	---	---



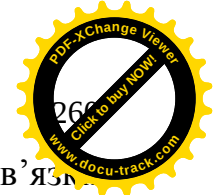
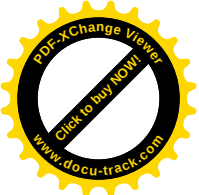
	Макроскопічні розростання водоростей	Пелоїди під розростаннями водоростей	Макроскопічні розростання водоростей	Пелоїди розростаннями водоростей
докозапентаєнова	0,32±0,03	-	-	-
докозатрієнова	0,26±0,03	0,39±0,03	0,95±0,04	0,22±0,01
гексадекадієнова	0,15±0,03	0,55±0,04	-	-
докозадієнова	0,11±0,02	-	0,50±0,04	0,26±0,02
ейкозатрієнова	-	0,31±0,04	0,20±0,02	0,37±0,04
тетрадекадієнова	-	-	-	2,22±0,08
Разом полієнових ЖК	18,98	35,56	34,16	21,3
Разом ненасичених ЖК	49,19	58,54	49,84	45,64
Неідентифіковані кислоти	2,46±0,08	4,12±0,09	7,88±0,12	1,45±0,05

Цікаво, що з трьох есенціальних омега-3 полієнів (ліноленова, ейкозапентаєнова, докозагексаєнова жирні кислоти) як у пелоїдах, так і в розростаннях водоростей виявлено лише одну - ліноленову жирну кислоту, вміст якої був найвищим у ціанопрокаріотичному маті (1,73%) та чорному неокисленому пелоїді (0,99%).

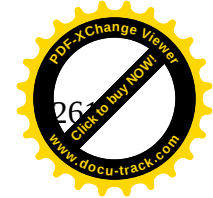
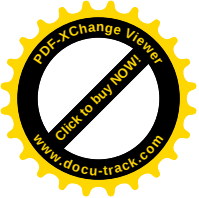
Показники співвідношень насичених та ненасичених жирних кислот у системах «сірий пелоїд - еукаріотичний водоростевий мат» та «чорний пелоїд - ціанопрокаріотичний мат» були помітно відмінними. Так, у першій системі ненасичені жирні кислоти переважали над насиченими. У другій системі переважання ненасичених жирних кислот над насиченими відмічено лише у водоростевих розростаннях, тоді як у самому чорному пелоїді переважали насичені жирні кислоти.

Загалом спектр жирних кислот бентосних макроскопічних розростань водоростей і пелоїдів багато в чому збігається. Коефіцієнт кореляції спектрів жирних кислот за відсотком кожної конкретної жирної кислоти в сірих пелоїдах та розростаннях *Cladophora siwaschensis* становив 0,58, для чорних пелоїдів та розростань *Lyngbya aestuarii* дорівнював 0,65.

Отже, у пелоїдах, а також у бентосних макроскопічних розростаннях водоростей (*Lyngbya aestuarii*, *Cladophora siwaschensis*) виявлено 35 жирних кислот, з яких 17 – насичені, 18 – ненасичені. Серед жирних кислот бентосних макроскопічних розростань водоростей і пелоїдів більшу частину



складають саме ненасичені жирні кислоти. За вмістом жирних кислот зв'язок між пелоїдами та відповідними водоростевими розростаннями були слабшими, ніж за вмістом амінокислот. Це свідчить, з одного боку, про те, що водорості є джерелом надходження низки жирних кислот у пелоїди, з іншого - про те, що жирні кислоти зазнають у пелоїдах також інші трансформації, які від водоростей безпосередньо не залежать або залежать лише опосередковано



РОЗДІЛ 8

РОЛЬ ВОДОРОСТЕЙ В УТВОРЕННІ МУЛОВИХ СУЛЬФІДНИХ ПЕЛОЇДІВ

На сьогодні існує лише одна теорія утворення мулових сульфідних пелоїдів, розроблена в 60-і роки ХХ ст. геологом Л.Я. Яроцьким. Вона вважається класичною й уже протягом півстоліття не зазнає змін. За цією теорією, пелоїди виникають завдяки комплексному впливу геологічного, фізико-хімічного та біологічного факторів.

Геологічний фактор формування пелоїдів розглянутий досить ретельно і полягає у надходженні, сортуванні та осадженні глинистих мінералів.

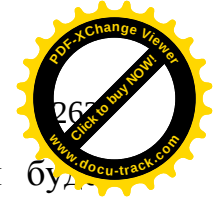
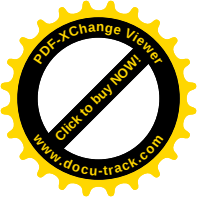
Роль фізико-хімічного фактору полягає в соленакопиченні, новоутворенні мінералів, дифузійно-сольовому обміні, а біологічного фактору - в утворенні планктонними водоростями органічної речовини та її трансформація відповідними мікроорганізмами.

Результати, отримані в ході наших досліджень, дають змогу зробити зміни та доповнення до класичної теорії утворення мулових сульфідних пелоїдів, запропонованої у 60-і роки геологом Л.Я. Яроцьким (Александров, 1956) у частині, що стосується ролі водоростей у цьому процесі. Зокрема, корегуються три наступних положення, пов'язані з діяльністю т.зв. «біологічного фактора»:

1. «У накопиченні органічного автохтонного матеріалу зазвичай головна роль належить планктонному населенню водойм, зокрема, різним водоростям» [4].

2. «При несприятливому середовищі, як наприклад, при високій солоності води життя у водоймі пригнічується, кількість органічної речовини, що продукується, зменшується» [4].

3. «У посушливі періоди пелоїдоутворення припиняється. Мул, що відклався на дні, зазнає окиснення, зокрема, окислюється органічна речовина.



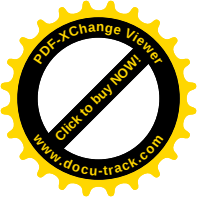
За таких умов, навіть при обводненні водойми, пелоїдоутворення будуть відбуватись неповно» [4].

У зміненому нами вигляді ці положення об'єднані у твердженні, згідно з яким провідну роль у формуванні мулових сульфідних пелоїдів відіграють не планктонні, а бентосні угруповання водоростей, які, по-перше, забезпечують надходження органічної речовини до дна у вигляді водоростевої мортмаси, що утворюється із нижніх шарів саме цього розростання; по-друге, водоростеві угруповання, формуючи суцільні макроскопічні розростання, виконують захисну функцію та створюють необхідні умови для мікробіологічної трансформації органічної речовини в біологічно активні речовини пелоїду; по-третє, водоростеві розростання забезпечують консервацію утвореної пелоїдної маси, запобігаючи її ресуспензії та окисленню.

При аналізі та корекції наведених вище положень класичної теорії акцент зроблено на наступних викладених у роботі результатах, які не узгоджуються з теорією Л.Я. Яроцького.

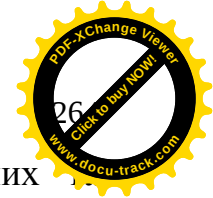
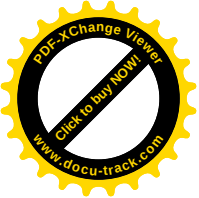
По-перше, в усіх випадках, високоякісні мулові сульфідні пелоїди на досліджених полігонах Приазов'я виявлені під розростаннями - матами та біоплівками - утвореними ціанопрокаріотами (*Lyngbya aestuarii*, *Chondrocystis sarcinoides*, *Merismopedia glauca*, *Schizothrix calcicola*, *Hydrocoleum cf. homoeotrichum*), які у водному середовищі розвивалися в бентосі; під донними розростаннями водоростей-еукаріот чи за відсутності бентосних водоростевих розростань (навіть у випадках масового розвитку фітопланктону, до «цвітіння» включно), зареєстровано або лише сірі окислені пелоїди, або пелоїди були відсутні.

По-друге, спектри водоростей різних біотопічних груп (водних, наземних, амфібіальних) та груп, виділених за відношенням до солоності, свідчать, що водойми з покладами пелоїдів, не характеризуються сталим водним режимом та відносно сталою солоністю. Навпаки, переважання водоростей, здатних до розвитку в амфібіальних умовах і видів із широкими



нормами реакцій (прісноводно-полігалінних, прісноводно-ультрагалінних, мезогалінно-ультрагалінних), свідчить, що водойми родовищ із високоякісними чорними муловими сульфідними пелоїдами характеризуються чергуваннями періодів оводнення (з фазою розпріснення - заповнення слабко чи помірно мінералізованими водами та фазою обсихання - випаровування води й зростання солоності) та періодів пересихання. У періоди оводнення водоростеві розростання забезпечують родовища органічною речовиною та створюють умови для її мікробної трансформації у специфічні біогенні речовини пелоїдів, а в періоди пересихання зумовлюють процес консервації продуктів мікробної трансформації, включаючи їх захист від окислення. Багаторічні спостереження на модельних полігонах водного режиму водойм повністю узгоджуються з висновком щодо особливостей гідрологічного режиму, отриманим на основі аналізу складу водоростевих угруповань.

По-третє, консервуюча роль водоростей визначається складом домінуючих груп водоростей бентосного угруповання на рівні відділу, й зумовлена, в першу чергу, суттєво відмінними темпами деструкції мортмаси ціанопрокаріот і водоростей-еукаріот. Так, низькі темпи деструкції матів ціанопрокаріот дають змогу захищати під водоростевими розростаннями від окислення продукти мікробної трансформації протягом тривалого періоду (від кількох місяців), який перевищує тривалість не лише періоду пересихання водойми, але й вегетаційного сезону. Крім того, розростання ціанопрокаріот сприяють формуванню під ними відновного середовища, в умовах якого відбувається, зокрема, й накопичення гідротроїліту. Деструкція мортмаси розростань еукаріотичних водоростей, навпаки, відбувається дуже швидко, у терміни, що не перевищують тривалість періоду пересихання. Як наслідок, продукти мікробної трансформації органічної речовини в пелоїдах під розростаннями еукаріот в достатньому ступені від окислення не захищаються, умови для накопичення гідротроїліту є набагато гіршими, а сам його вміст - значно меншим.

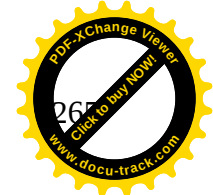
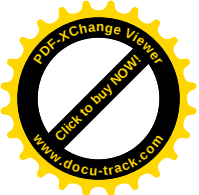


По-четверте, результати порівняльного аналізу фізико-хімічних санітарно-бактеріологічних показників, ферментативної активності, гумусових речовин, спектрів амінокислот та жирних кислот пелоїдів під розростаннями ціанопрокаріот та еукаріотичних водоростей разом із викладеними вище першим та третім положеннями висувають на роль головного біологічного фактору, який обумовлює формування високоякісних неокислених мулових сульфідних пелоїдів амфібіальний ціанобактеріальний мат з його мікробоценозом. Саме завдяки роботі такого мату та умовам, які він забезпечує (з одного боку, для функціонування певного мікробного угруповання, з іншого - для консервації продуктів мікробної трансформації органічних речовин), природні чорні неокислені мулові сульфідні пелоїди набувають тих властивостей (включаючи лікувальні), яких позбавлені штучні пелоїди відомих європейських спа-курортів.

Таким чином, утворення високоякісних мулових сульфідних пелоїдів потребує виконання двох умов - необхідної, пов'язаної з фізико-хімічним процесами та гідрологічним режимом, та достатньої, пов'язаної з біологічним, у першу чергу - водоростевим, компонентом.

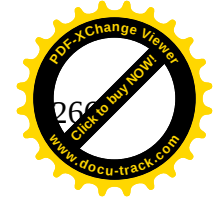
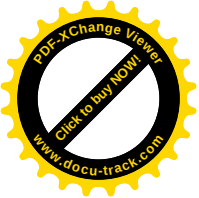
Необхідною умовою є надходження в мілководну солону водойму зі змінним гідрологічним режимом, який включає фази розпріснення, випаровування та пересихання, певної кількості мінеральних часток, які утворюють грубодисперсний остов і неорганічну складову тонкодисперсного комплексу.

Достатньою умовою є наявність на дні водоймі макроскопічних розростань певних видів амфібіальних ціанопрокаріот, що формують альгобактеріальні комплекси (мати й біоплівки), які стратифікують пелоїдоутворюючу систему на аеробну оліго-мезосапробну та анаеробну полісапробну зони, й не лише продукують органічну речовину, але й створюють умови для її мікробної трансформації, утворення органічних біологічно активних речовин та гідротроїліту, зумовлюють консервацію цих продуктів, їх захист від окислення атмосферним або розчиненим у ропі



киснем.

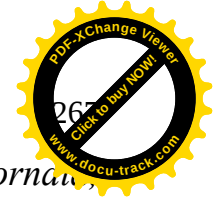
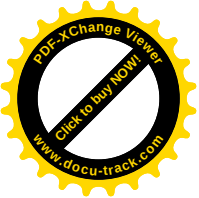
За відсутності достаньої умови високоякісні пелоїди не утворюються, а твердий сток і детрит відкладається на дні або як низькоякісні сірі окислені пелоїди, або як звичайні седименти, які не мають властивостей, притаманних природним лікувальним грязям.



ВИСНОВКИ

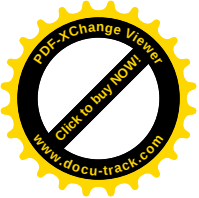
На основі комплексного дослідження водоростей родовищ мулових сульфідних пелоїдів північно-західного узбережжя Азовського моря встановлено, що провідну роль в утворенні високоякісних природних лікувальних грязей цього типу відіграють макроскопічні розростання галофільних амфібіальних ціанопрокаріот - ціанобактеріальні мати, які визначають як ефективність роботи системи біологічної трансформації органічної речовини біоти в біологічно-активні речовини пелоїдів, так і консервацію таких речовин. Ціанобактеріальні мати в місцях утворення мулових сульфідних пелоїдів забезпечують не лише синтез органічної речовини, але й вертикальну мікростратифікацію пелоїдоутворюючої системи (на аеробну оліго-мезосапробну еуфотичну зону з переважанням продукційних процесів та анаеробну полісапробну зону з переважанням процесів мікробної трансформації органічної речовини), консервацію продуктів мікробної трансформації та захист останніх від окислення та ресуспендування, накопичення та депонування у пелоїдах органічних речовин, зокрема, амінокислот та ліпідів.

1. Формування головних елементів водоростевої пелоїдоутворюючої системи відбувається на основі водоростевих угруповань, гетерогенних як за біотопічною причетністю (прісноводні, солонувато-водні, морські, наземні) так і за таксономічним складом. Загалом у складі таких угруповань виявлено 123 види водоростей, які представляють сім відділів: *Cyanoprocaryota* – 65 видів (53%), *Bacillariophyta* – 26 (21%), *Chlorophyta* – 22 (18%), *Rhodophyta* – 6 (5%), *Dinophyta* – 2 (2%), *Xanthophyta* та *Cryptophyta* – по 1 виду (1%).
2. Виявлені види водоростей утворюють 19 різних альгоугруповань, виділених за домінантно-топологічним принципом, в яких домінантами виступають 14 видів із відділів *Cyanoprocaryota* (*Lyngbya aestuarii*, *Chondrocystis*



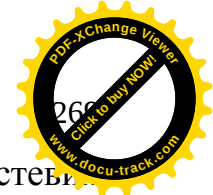
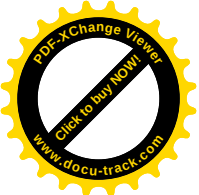
sarcinoides, *Merismopedia glauca*, *Schizothrix calcicola*, *Oscillatoria ornata*, *Hydrocoleum cf. homoeotrichum*, *Nodularia harveyana*, *Nostoc commune*), *Chlorophyta* (*Cladophora siwaschensis*, *Ulva compressa*, *Dunaliella salina*, *Pseudospongiococcum protococcoides*, *Pseudendoclonium* sp.), *Bacillariophyta* (*Nitzschia cf. filiformis*).

3. Аналіз видового складу водоростей за біотопічною причетністю свідчить, що у місцях утворення мулових сульфідних пелоїдів визначальними чинниками формування водоростевих пелоїдоутворюючих комплексів є змінний гідрологічний режим (оводнення-пересихання) та змінний режим солоності (від фази розпріснення до фази глибокого засолення), під дією яких перевагу у розвитку отримують гідрофільно-амфібіальні види, здатні розвиватися у широкому діапазоні солоності (мезогалінно-ультрагалінні, прісноводно-ультрагалінні, прісноводно-полігалінні).
4. Чорні неокислені пелоїди, які за вмістом гідротроїліту, сірководню, іонів Феруму (Fe^{2+} , Fe^{3+}) є найбільш цінними в терапевтичному відношенні, виявляються виключно під бентосними, водно-наземними та наземними угрупованнями з домінуванням ціанопрокаріот (в першу чергу, *Lyngbya aestuarii* та *Chondrocystis sarcinoides*). Менш якісні сірі окислені мулові сульфідні пелоїди виявляються на дні, у зоні заплеску та у зоні обсихання під макроскопічними розростаннями зелених (в першу чергу, *Cladophora siwaschensis*) та галофільних діатомових водоростей.
5. Формування чорних неокислених або сірих окислених мулових сульфідних пелоїдів залежить від наявності та типів водоростевих макроскопічних розростань, від яких, в свою чергу, залежить швидкість деструкції водоростевої органічної речовини (мортмаси) та можливість консервації в осадах продуктів мікробної трансформації. Деструкція мортмаси розростань ціанопрокаріот (за інших рівних умов) відбувається приблизно на порядок повільніше, ніж розростань водоростей-еукаріот.
6. Повільні темпи деструкції водоростевих матів ціанопрокаріот (на прикладі *Lyngbya aestuarii*) обумовлюють захист біологічно активних



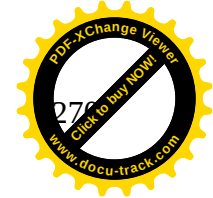
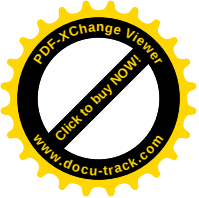
речовин від окислення протягом тривалого періоду - від одного вегетаційного сезону до наступного, при цьому ціанопрокаріотне розростання виконує бар'єрну функцію, стратифікуючи середовище на аеробну оліго-мезосапробну та анаеробну полісапробну зони; саме в останній виникають умови формування відновного середовища, утворення гідротроїліту та накопичення продуктів мікробної трансформації.

7. Деструкція водоростевих матів еукаріот (на прикладі *Cladophora siwaschensis*) відбувається швидко, внаслідок чого, розростання виконує бар'єрну функцію лише протягом короткого часу, тривалість якого є значно меншою від вегетаційного сезону. Як наслідок, продукти мікробної трансформації органічної речовини в пелоїді під розростаннями в достатньому ступені від окислення та ресуспендування не захищені, умови для накопичення гідротроїліту є набагато гіршими, а сам його вміст - значно нижчим.
8. Фізико-хімічні та санітарно-бактеріологічні показники чорних мулових сульфідних пелоїдів під водоростевими ціанопрокаріотичними матами *Lyngbya aestuarii* повністю відповідають критеріям МОЗ, встановленим для лікувальних грязей, а сірі окислені пелоїди під альгобактеріальними матами *Cladophora siwaschensis* не вкладаються у ці нормативи лише за вмістом у грубодисперстному остові часток більших ніж 0,25 мм. При цьому абсолютні показники вказують на вищу якість чорних пелоїдів.
9. Тенденція накопичення біологічно активних речовин у пелоїдах гіпергалійних водойм північно-західного узбережжя Азовського моря під бентосними ціанопрокаріотними і еукаріотними матами різна. Вміст амінокислот у чорних пелоїдах приблизно на 70% вищий, ніж у розташованих над ними розростаннях *Lyngbya aestuarii*. Під розростанням *Cladophora siwaschensis* спостерігається ефект «згоряння», внаслідок чого вміст амінокислот у сірих окислених пелоїдах приблизно у 1,5 рази нижчий порівняно з розростанням цієї зеленої водорості.
10. Вміст гумусових речовин у мулових сульфідних пелоїдах демонструє



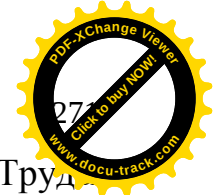
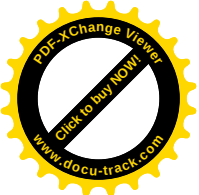
досить високу кореляцію, в першу чергу, з біомасою водоростей розростань ($r = 0,73$), і не демонструє суттєвого зв'язку з систематичним положенням домінантів на рівні відділу. Вміст гумінових кислот показує від'ємну кореляцію із значеннями біомаси розростань ($r = -0,85$); зв'язок із систематичним положенням домінантів також не зафіксований.

11. Ферментативна активність мулових сульфідних пелоїдів свідчить про дуже низький та низький ступінь їх забезпеченості каталазами, уреазими, фосфатазами та дегідрогеназами, проте забезпеченість цими ферментами чорних пелоїдів під розростаннями ціанопрокаріот є вищою, ніж сірих пелоїдів під розростаннями водоростей-еукаріот. Співвідношення складу насичених і ненасичених жирних кислот у пелоїдах і відповідних макроскопічних водоростевих розростаннях різне. Збільшення частки ненасичених жирних кислот спостерігається в сірих окислених пелоїдах під розростанням еукаріотичних водоростей, тоді як переважання насичених жирних кислот у пелоїді під ціанопрокаріотними матами.
12. Теорія утворення мулових сульфідних пелоїдів Л.Я. Яроцького (1956) у частині, що стосується водоростей, доповнена та поточнена наступними положеннями: а) провідна роль в утворенні високоякісних мулових сульфідних пелоїдів належить не планктонним, а бентосним водоростям-ціанопрокаріотам, здатним до формування амфібіальних угруповань; б) головними системами, що визначають при пелоїдоутворенні дію біологічного фактору, є ціанопрокаріотні мати; в) ціанопрокаріотні мати, є не лише продуцентами органічної речовини, але й виконують бар'єрну та консервуючу функції; г) розвиток ціанопрокаріотних матів як елементів пелоїдоутворюючої системи відбувається в умовах змінного гідрологічного режиму та дуже широких коливань солоності.



ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Програма дій «Порядок денний на ХХІ століття»: Ухвалена конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (Саміт «Планета Земля», 3-14 червня 1992 р.). – 1992. – 351 с.
2. Бокучава Н.В. Лечебные грязи Грузии / Н.В. Бокучава. – Тбилиси: Технический университет, 2009. – 150 с.
3. Лобода М.В. Курортні ресурси України / М.В. Лобода. – К.: ЗАТ «Укрпрофоздоровниця», ТАМЕД, 1999. – 334 с.
4. Кашинский П.А. Об унификации методики анализа илов (лечебной грязи) / П.А. Кашинский // Материалы совещания по методике анализа илов (лечебной грязи). – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – С. 27-33.
5. Иванов В.В. Генетическая классификация лечебных грязей (пелоидов) СССР / В.В. Иванов, А.М. Малахов // Материалы по изучению лечебных грязей, грязевых озер и месторождений. – М.: Медгиз, 1963. – С. 9-26.
6. Яроцкий Л.А. Месторождения пелоидов и условия их формирования / Л.А. Яроцкий // Основы курортологии. – М.: Гос. изд-во медицинской л-ры. – 1956. – Т. 1. – С. 372-394.
7. Первольф Ю.В. Илы и условия их образования в соляных озерах Крыма / Ю.В. Первольф // Труды лаборатории озераведения АН СССР. – М.: АН СССР. – 1953. – Т. 2. – С. 152-228.
8. Перфильев Б.В. К методике изучения иловых отложений / Б.В. Перфильев // Труды Бородинской биологической станции в Карелии. – 1927. – Т. 5. – С. 135-166.
9. Мейер К.И. Сиваш и его флора / К.И. Мейер // Естествознание и география. – 1916. – №21. – С. 1-19.
10. Мейер К. И. Сиваш и его флора / К.И. Мейер // Известия Русского гидрологического института. – 1925. – С. 15.
11. Прошкина-Лавренко А.И. Гидробиологическое районирование Сиваша



на основании изучения его альгофлоры / А.И. Прошкина-Лавренко // Труды конференции по проблеме Сиваша (1938-1940, г. Киев). – 1938-1940. – С. 121-129.

12. Исаченко Б.Л. Микробиологические исследования над грязевыми озёрами / Б.Л. Исаченко. – М: АН СССР. – 1951. – Т. 2. – С. 26-142.

13. Балахонцев Е.Н. Некоторые результаты биологических исследований Тамбуканского озера / Е.Н. Балахонцев // Известия геологического комитета – 1908. – №2. – С.143.

14. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии / Г.А. Заварзин. – М.: Наука, 2004. – 348 с.

15. Заварзин Г.А. Цианобактериальные сообщества гиперсолёных лагун Сиваша / Г.А. Заварзин, Л.М. Герасименко, Т.Н. Жилина // Микробиология. – 1993. – Т. 62, №6. – С. 1113-1125.

16. Водоп'ян П.С. Синьозелені водорості мінералізованих водойм Криму / П.С. Водоп'ян // Український ботанічний журнал. – 1970. – Т. 37, № 2. – С.165-169.

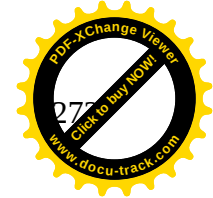
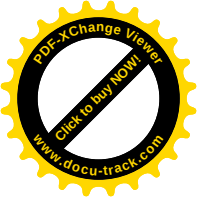
17. Иванов О.И. Фітопланктон Східного Сиваша / О.И. Иванов // Праці Інституту гідробіології. – 1960. – №35. – С. 19-30.

18. Маслов И.И. Макрофитобентос Сиваша / И.И. Маслов // Современное состояние Сиваша. Сборник научных статей. – К.: Wetlands International – АЕМЕ, 2000. – 104 с.

19. Александров В.А. Пелоиды (лечебные грязи) Советского Союза / В.А.Александров // Многотомное руководство «Основы курортологии». – М.: Медгиз, 1956. –Т. 1. – С. 347-372.

20. Разумов А.О. О важности применения водорослей при добыче солей из рапы солёных озёр Крыма / А.О. Разумов // Информационный бюллетень ВНИИ водоснабжения, канализационных, гидротехнических сооружений и инженерной геологии. – 1934. – Т. 4-5. – С.83-85.

21. Масюк Н.П. Морфология, систематика; экология, географическое распространение рода *Dunaliella* Teod. и перспективы его практического



использования / Н.П. Масюк. – К: Наукова думка, 1973. –245 с.

22. Пшенин Л.Н. Гидробиологическая и микробиологическая оценка влияния промстоков химзавода на Сакское лечебное озеро / Л.Н. Пшенин – Саки: ГГРЭС. – 1982. – 84 с.

23. Сунгурова Н.Ф. Звіт Сакської ГГРЕС / Н.Ф. Сунгурова. – Саки: ГГРЕС, – 1984. – 65 с.

24. Матвієнко О.М. Пірофітові водорості – Рутrophyta / О.М. Матвієнко, Р.М. Літвіненко. – К.: Наук. думка, 1977. – 386 с.

25. Отчёты о научно-исследовательской работе на Сакском озере за 1984-1991 гг. – Саки: Сакская ГГРЭС, 1991. – 52 с.

26. Костиков И.Ю. Водоросли Сакского озера и их участие в гидробиологических процессах в восточном и западном бассейнах (июнь-июль 1993 г.) / И.Ю. Костиков, Т.Н. Дариенко, Е.А. Дикий и др. – Саки: Сакская ГГРЭС, 1993. – 44 с.

27. Владимирова К.С. Фітомікробентос Східного Сиваша / К.С. Владимирова // Праці Інституту гідробіології. – 1960. – №35. – С.31-39.

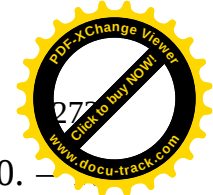
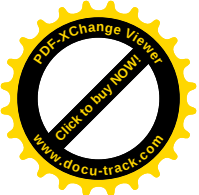
28. Пельш А.Д. О биологической зоне сакской грязи / А.Д. Пельш // Научная летопись Сакского озера. – Симферополь: Сакская ГГРЭС, 2001. – С. 85-87.

29. Заварзин Г.А. Введение в природоведческую микробиологию / Г.А.Заварзин, Н.Н. Колотилова. – М.: Книжный дом «Университет», 2001. – 256 с.

30. Микулич Д.В. Исследование химического состава штормовых выбросов гипергалинных водоемов Сиваша как сырья для производства стабилизаторов / Д.В. Микулич, Г.Д. Лукина, С.П. Липовецкая. // Альгология. – 1996. – Т.6, №2. – С. 214-218.

31. Герасименко Л.М. Маты Microcoleus из алкалофильных и галофильных сообществ / Л.М. Герасименко, Л.Л. Митюшина, З.Б. Намсараев // Микробиология. – 2003. – Т. 72, №1. – С. 84-92.

32. Самылина О.С. Сравнительная характеристика фототрофных сообществ в минеральных озерах Крыма (Украина) и Алтайского края (Россия) /



О.С. Самылина, Л.М. Герасименко, Н.В. Шадрин // Альгология. – 2010. – 20, №2. – С. 192-209.

33. Бонч-Осмоловская Е.А. Анаэробная деструкция органического вещества микробных матов источника Термофильного (кальдера Узон, Камчатка) / Е.А. Бонч-Осмоловская, В.М. Горленко, Г.А. Карпов, Д.А. Старынин // Микробиология. – 1987. – Т. 56, № 6. – С. 1022-1028.

34. Герасименко Л.М. Альгобактериальные сообщества гиперсоленых лагун Сиваша (Крым) / Л.М. Герасименко, С.Л. Венецкая, А.В. Дубинин и др. // Альгология. – 1992. – Т.2, №2. – С. 88-94.

35. Приходькова Л.П. Синезеленые водоросли почв степной зоны Украины / Л.П. Приходькова. – К.: Наукова думка, 1992. – 218 с.

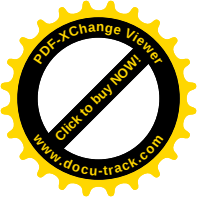
36. Шкундина Ф.Б. Сравнительная характеристика альгофлоры лечебных грязей Башкортостана и Татарстана / Ф.Б. Шкундина, А.М. Хуснетдинова // Альгология. – 1998. – Т.8, №1. – С. 50-56.

37. Шкундина Ф.Б. Изучение разнообразия водоростей и цианопрокариот лечебных на примере санатория «Карагай», республика Башкортостан) / Ф.Б. Шкундина, А.Г. Зарипова, М.С. Юмагужин, Г.А. Гуламанова // Вестник ОГУ. – 2009. – №6. – С. 455-457.

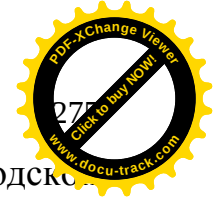
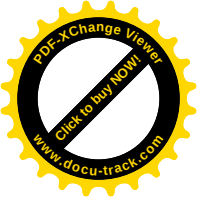
38. Орлеанский В.К. Многоярусный водоростевый биоценоз соленых мелководных водоёмов западного Крыма / В.К. Орлеанский, Н.В. Шадрин // Материалы международной научной конференции и VII Школы по морской биологии «Современные проблемы альгологии» Ростов-на-Дону, 9-13 июня 2008 г. – С. 263-264.

39. Садогурский С.Е. Видовой состав фитобентоса природных заповедников Крыма / С.Е. Садогурский, Т.В. Белич, С.А. Садогурская, И.И. Маслов // Бюллетень главного ботанического сада РАН. – 2003. – №186. – С. 87-105.

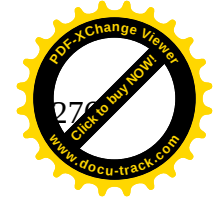
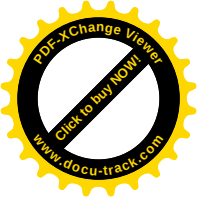
40. Садогурский С.Е. К изучению макрофитобентоса соленого озера Аджиголь (Украина, Крым) / С.Е. Садогурский, С.А. Садогурская // Альгология. – 1998. – Т.8, №3. – С. 295-300.



41. Taton A. Cyanobacterial diversity in the benthic mats of Antarctic lakes in the Larsemann Hills, Vestfold Hills and Dry Valleys / A. Taton, S. Grubisic, D. Hertz and others // 10th Int. Symp. Phototroph. Prokaryotes, Barcelona, Aug. 26-31. – 2000. – P. 62.
42. Gernerden H. Microbial mats: A joint venture / H. Gernerden // Marine Geology. – 1993. – №113. – P. 3-25.
43. Заварзин Г.А. Лабораторные модели циано-бактериальных матов щелочного геохимического барьера / Г.А. Заварзин, В.К. Орлеанский, Л.М. Герасименко и др. // Микробиология. – 2003. – Т.72, № 1. – С. 93-98.
44. Шадрин Н.В. Каротиноиды в красной соли гиперсоленого Кояшского озера (Крым, Черное море): предварительное сообщение / Н.В. Шадрин, И.В. Дробецкая, И.Н. Чубчикова, Н.В. Терентьева. // Морской экологический журнал. – 2008. – Т. 7, №4. – С. 85-87.
45. Дексбах Н.К. Биология растительных и животных организмов, участвующих в грязеобразовании. / Н.К. Дексбах // Основы курортологии. – М.: Медгиз, 1956. – Т. I. – С. 372-394.
46. Abdel-Fattah A.N. Dead Sea black mud: Medical geochemistry of a traditional therapeutic agent / A.N. Abdel-Fattah, D. Schultz-Makuch. – Denver: Geological Society of America, 2004. – Vol. 36, №5. – P. 25.
47. Abdel-Fattah A.N. Low levels of toxic elements in Dead Sea black mud and mud-derived cosmetic products / A.N. Abdel-Fattah // Environmental Geochemistry and Health. – 2009. – Vol. 31, №4. – P. 487-492.
48. Радзинский В.Е. Пелоидотерапия: реальные возможности и перспективы применения в гинекологии / В.Е. Радзинский, Г.Б. Дикке, Е.В. Радзинская, Д.Н. Логинов. – М.: Медиабюро Status Praesens, 2011. – 8 с.
49. Білецький В.С. Мала гірнича енциклопедія / В.С. Білецький. – Донецьк: Донбас, 2004. – Т. 1. – 640 с.
50. Veniale F. Formulation of muds for pelotherapy: effects of «maturation» by different mineral waters / F. Veniale, E. Barberis, G. Carcangiu and others // Applied Clay Science. – 2004. – №25. – P. 135-148.



51. Щукарев С.А. Опыт физико-химического исследования сагородской лечебной грязи / С.А. Щукарев, Н.В. Кудряшова // Труды Центраотного НИИ курортологии. – М.: Центр. НИИ курортологии, 1932. – Т. 4. – С. 18-23.
52. Щукарев С.А. Физика и химия лечебных грязей / С.А. Щукарев // Основы курортологии. – М: Медгиз, 1932. – Т. 1-2. – С. 320-372.
53. Щукарев С.А. Химическая характеристика сакской рапы лечебной грязи / С.А. Щукарев // Саки-курорт. – Саки: Сакская ГГРЭС, 1935. – №1. – С. 39-44.
54. Косьянова З.Ф. Химическая характеристика и биологическая активность гумусовых кислот некоторых лечебных грязей: автореферат дис. на соискание учёной степени канд. биол. наук: спец. 04.00.03 «Биогеохимия» / З.Ф. Косьянова. – Пятигорск, 1985. – 20 с.
55. Требухов Я.А. Требования к изучению месторождений лечебных грязей / Я.А. Требухов // Вопросы курортологии. – 2000. – №5. – С. 39-42.
56. Холопов А.П. Грязелечение / А.П. Холопов, В.А. Шашель, Ю.М.Перов, В.П. Настенко. – Краснодар: Периодика Кубани, 2003. – 283 с.
57. Moses S.W. The Dead Sea, A Unique Natural Health Resort / S.W. Moses, M. David, E. Goldhammer and others // IMAJ. – 2006. – №8. – P. 483-488.
58. Nissenbaum A. Are the curative properties of «Black Mud» from the Dead Sea due to the presence of bitumen (asphalt) or other types of organic matter? / Nissenbaum A., Rullkötter J., Yechieli Y.// Environmental Geochemistry and Health. – 2002. – №24. – P. 327-335.
59. Ma'or Z. The antimicrobial action of Dead Sea black mineral mud / Z. Ma'or, Y. Henis, Y. Alon and others // Intenational Journal of Dermatology – 2006. – Vol. 45, №5. – P. 504-511.
60. Новожилова М.И. Микрофлора лечебных грязей Казахстана / М.И. Новожилова, Л.Ф. Фролова. – Алма-Ата: Наука, 1975. – 179 с.
61. Ступникова Н.А. Месторождение лечебной грязи «Озеро Утиное»: условия формирования и оценка состояния при антропогенном воздействии / Н.А. Ступникова Н.К. Христофорова, С.В. Мурадов // География и



природные ресурсы. – 2003. – № 4. – С. 39-43.

62. Ступникова Н.А. Физико-химические и микробиологические исследования лечебной грязи месторождения Озеро Утиное Камчатской области / Н.А. Ступникова, С.В. Мурадов // Вестник ДВО РАН. – 2005. – №3. – С. 76-82.

63. Вериго А.А. Исследование Одесских целебных лиманов и грязей. Отчёты о деятельности Одесского бальнеологического общества с 1877 по 1881 гг. / А.А. Вериго. – Одесса: Издательство Одесского бальнеологического общества, 1881. – С. 29.

64. Кашинский П.А. К вопросу об определении сероводорода в озерной грязи / П.А. Кашинский, К.Г. Лазарев // Гидрохимические материалы. – 1932. – Т.8. – С. 54.

65. Кашинский П.А. Об унификации методики анализа илов (лечебной грязи) / Кашинский П.А. // Материалы совещания по методике анализа илов (лечебной грязи). – М.: Издательство АН СССР, 1949. – С. 27-33.

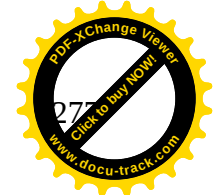
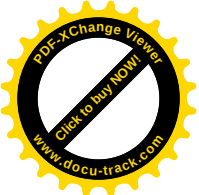
66. Бурксер Е.С. Влияние различных способов нагрева на физико-химические свойства лечебных грязей в связи с вопросом о регенерации отработанной грязи / Е.С. Бурксер // Курортное дело. – 1925. – №1-2. – С. 46-58.

67. Бурксер Е.С. К вопросу о стандарте лечебной грязи / Е.С. Бурксер // Труды Всеукраинского бальнеофизиотерапевтического института. – 1932. – Вып.1. – С. 60-67.

68. Бурксер Е.С. Одесские лиманы (гидрохимические исследования) / Е.С.Бурксер // Серия петрографии, минералогии и геохимии. – 1953. – Вып.2. – 143 с.

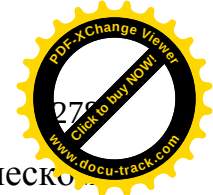
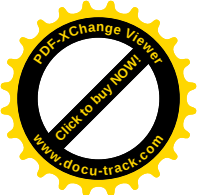
69. Бахман В.И. Изменение состава рапы Сакского озера при осаждении в ней красной глины // Сборник научных трудов курорта Саки. – 1948. – Т. 4. – С. 87.

70. Бахман В.И. Методика анализа лечебных грязей (пелоидов) / В.И. Бахман, К.А. Овсянникова, А.Д. Вадковская. – М.: ЦНИИКиФ, 1965. –

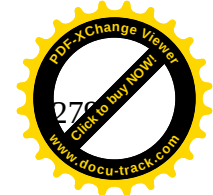
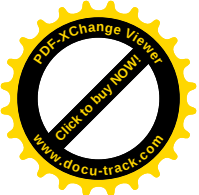


86 с.

71. Бахман В.И. Изменение физико-химических свойств торфа при выветривании / В.И. Бахман, Е.Ф. Прокофьева // Вопросы изучения курортных ресурсов. – Москва: Медгиз, 1955. – С. 266-272.
72. Бахман В.И. Растворенные газы в лечебных грязях / В.И. Бахман, Е.Ф.Прокофьева // Гидрохимические материалы. – 1953. – Т. 21. – С. 58-64.
73. Бахман В.И. Химия пелоидов / В.И.Бахман, В.В. Эпштейн, Т.А. Сперанская // Основы курортологии. – М: Медгиз, 1956. – С. 395-441.
74. Бунеев А.Н. Физико-химические свойства и гидрофильность пелоидов. / Бунеев А.Н. // Вопросы изучения курортных ресурсов. –М.: Медгиз, 1955. – 290 с.
75. Дринецкий Н.П. Исторические аспекты в изучении лечебного действия пелоидов / Н.П. Дринецкий // Детская курортология и физиотерапия. – 1997. – Вып. 5. – С. 3-9.
76. Лобода М.В. Лечебные грязи (пелоиды) – характеристика основных типов пелоидов и их современная классификация / М. В. Лобода, К. Д. Бабов, Е. М. Никипелова // Лечебные грязи (пелоиды Украины). – К.: Куприянова Е.А., 2006. – С. 11-34.
77. Лобода М.В. Лечебные грязи (пелоиды) Украины / М.В. Лобода, К.Д.Бабов, Т.А. Золотарева и др. – К. : КИМ, 2007. – Ч. 2. – 336 с.
78. Riding R. Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial–algal mats and biofilms / R. Riding // Sedimentology. – 2002. – Vol. 47, Issue 1. – P. 179 – 214.
79. Тютюник Е.В. Практическое значение биологических исследований на Сакском грязевом месторождении / Е.В. Тютюник, В.А. Хохлов // Современные проблемы санаторно-курортного дела: Материалы Междунар. конгресса по курортологии. – 1996. – С. 100-101.
80. Исмадова Р.Р. К вопросу о химическом составе пелоидов Томской области / Р.Р. Исмадова, М.В. Гостищева, И.В. Федько, А.У. Зиганшин // Вестник Башкирского университета. – 2007. – №1. – С. 32-33.



81. Золотарева Т.А. О роли химического фактора в биологическом действии лечебной грязи / Т.А. Золотарева // Вопросы курортологии. – 1988. – № 2. – С. 50-52.
82. Ушаков В.Г. Структурно-механические свойства лечебной грязи / В.Г. Ушаков, О.В. Луконина. – Новочеркасск: Новочеркасский государственный технический университет., 1995. – 41 с.
83. Холопов А.П. Исцеляющая грязь / А.П. Холопов, В.Н. Аванесов, В.В. Плохов. – Краснодар: Северный Кавказ, 1998. – 312 с.
84. Холопов А.П. Новые методики пелоидотерапии / А.П. Холопов // Тр. V Всерос. съезда физиотерапевтов и курортологов и Российского научного форума «Физические факторы и здоровье человека». – М.: Авииздат, 2002. – С. 353-354.
85. Агапов А.И. Пелоидопрепараты гуминового ряда как средство повышения эффективности пелоидотерапии в новых условиях / А.И. Агапов, Н.П. Аввакумова, Н.И. Межевалова // Актуальные проблемы организации детского и семейного сан.-кур. лечения и отдыха курортных регионах: Тезисы научно-практ. конф., посвященной 100-летию курорта Анапа. – 1998. – С. 29-31.
86. Агапов А.И. Способ получения пелоидопрепаратов гуминового ряда / А.И. Агапов, Н.П. Аввакумова, Е.К. Баталова // Вопросы курортологии. – 1999. – №2. – С. 33-35.
87. Бамбалов Н.Н. Молекулярная структура и агрономическая ценность гуминовых кислот сапропелей / Н.Н. Бамбалов, Ф.А. Пунтус // Агрохимия. – 1995. – № 1. – С. 65-71.
88. Косьянова З.Ф. Химическая характеристика гуминовых кислот тамбуканской лечебной грязи и их противовоспалительная активность / З.Ф. Косьянова, А.Л. Шинкаренко, К.С. Тихомирова // Материалы к VIII Всесоюзному съезду физиотерапевтов и курортологов (Сочи). – 1983. – С. 111-112.
89. Кузнецов С.И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность /



С.И. Кузнецов. – Л.: Наука, 1970. – 440 с.

90. Крючкова Н.П. Бактериостатические и адсорбционные свойства лечебных грязей / Н.П. Крючкова // Лечебные грязи СССР. – 1971. – С. 77-84.

91. Шинкаренко А.Л. Органические вещества лечебных грязей и их роль в механизме лечебного действия на организм / А.Л. Шинкаренко, Н.Г.Миленина. – Пятигорск: Книга, 1973. – 27 с.

92. Зотова В. И. Ферментативная активность пелоидов как показатель их биологического состояния / В.И. Зотова, М.И. Афанасьева // Вопросы курортологии. – 1990. – № 3. – С. 55-56.

93. Требухов Я.А. О содержании органического вещества в лечебных сапропелях / Я.А. Требухов // Вопр. изучения лечебных минеральных вод, грязей и климата: Труды ЦНИИКиФ. – 1976. – Т. 31. – С. 147-153.

94. Килина Е.С. Оценка качества пелоидов по биохимическим показателям и антимикробной активности / Е.С. Килина, О.А. Карелина, Н.К.Джабарова, Т.М. Тронова // Тр. V Всерос. съезда физиотерапевтов и курортологов и Российского науч. форума «Физические факторы и здоровье человека» – М.: Авиаиздат, 2002. – С. 166-167.

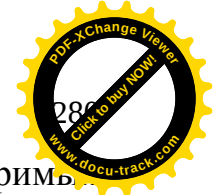
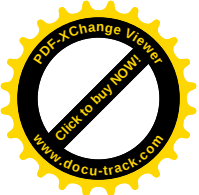
95. Килина Е.С. Биологическая активность лечебных сапропелевых грязей Сибири / Е.С. Килина, Т.М. Тронова, Н.Г. Клопотова // Вопросы курортологии. – 1997. – № 2. – С. 23-25.

96. Левицкий Е.Ф. Оценка биологического состояния сапропелей по их ферментативной активности / Е.Ф. Левицкий, Г.Н. Сидоренко, Д.И. Кузьменко и др. // Вопросы курортологии. – 1995. – № 6. – С. 36-38.

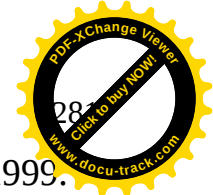
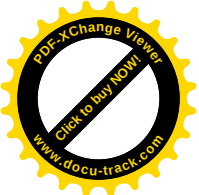
97. Венгеровский А.И. О гепатозащитных свойствах липидов иловых грязей / А.И. Венгеровский, В.Н. Буркова, О.В. Паульс и др. // Вопросы курортологии. – 1988. – № 5. – С. 46-48

98. Выгоднер Е.Б. Лечебные факторы Мертвого моря / Е.Б. Выгоднер, А.М. Годович // Вопросы курортологии. – 2001. – № 1. – С. 46-49.

99. Иванов В.В. Общие представления о лечебных грязях / В.В. Иванов, Л.С. Михеева // Лечебные грязи СССР. – М.: Медгиз, 1978. – С. 5-16.



100. Низкодубова С.В. Итоги и перспективы поиска липорастворимых грязевых препаратов / С.В. Низкодубова, А.А. Табацкая, Г.Г. Долгих // Препараты из лечебной грязи и рапы. – Томск: ТГУ, 1983. – С. 22-26.
101. Андреева И.Н. Лечебное применение грязей / И.Н. Андреева, О.В. Степанова, Л.А. Поспеева // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2004. – №5. – С. 46-53.
102. Ступникова Н.А. Препараты лечебных грязей / Н.А. Ступникова // Вестник ДВО РАН. – 2006. – № 5. – С. 95-100.
103. Дексбах Н.К. Биология растительных и животных организмов, участвующих в грязеобразовании // Основы курортологии. – М.: 1956. – Т. I. – С. 372-394.
104. Кравченко И.А. Сравнительная характеристика физико-химических свойств и противовоспалительного действия восстановительной и нативной лечебной грязи / И.А. Кравченко, В.Б. Ларионов, Н.В. Овчаренко и др. // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2011. – Т. 23, №1. – С. 87-92.
105. Фісенко Л.І. Природні лікувальні ресурси України та їх використання в санаторно-курортній практиці / Л.І. Фісенко, В.В. Ковальська // Медична гідрологія та реабілітація. – 2005. – Т. 3, №3. – С. 55-60.
106. Dobson G. Biogeochemistry of hot spring environments extractable lipids of a cyanobacterial mat / G. Dobson, D.M. Ward, N. Robinson and others // Chem. Geol. – 1988. – №68. – P. 155-179.
107. Nissenbaum A. Sulfur and carbon isotopic evidence for biogeochemical processes in the Dead Sea / A. Nissenbaum, I.R. Kaplan // Environmental Biogeochemistry. – 1976. – P. 309-325.
108. Oldenburg T.B.P. Molecular and isotopic characterization of organic matter from recent and sub-recent sediments from the Dead Sea / T.B.P. Oldenburg, J. Rullkötter, M.E. Böttcher, A. Nissenbaum // Organic Geochemistry. – 2000. – №31. – P. 251-265.
109. Nissenbaum A. Ancient and modern medicinal applications of Dead Sea



asphalt (bitumen) / A. Nissenbaum // Israel Journal of Earth Sciences. – 1999. №48. – P. 301-308.

110. Dostrovsky A. Clinical experience with an asphaltite from the Dead Sea – preliminary report / A. Dostrovsky, F. Sagher, S. Verbi // Antibiotic Medicine and Clinical Therapy. – 1959. – №6. – P. 518-520.

111. Shannon J. Topical therapy with a new distilled bituminous asphaltite from the Dead Sea / J. Shannon, S. Kamnitzer // American Medical Association Archives of Dermatology. – 1959. – №79. – P. 592-594.

112. Nissenbaum A. Organic geochemistry of Dead Sea sediments / A. Nissenbaum, M.J. Baedeker, I.R. Kaplan // Geochimica et Cosmochimica Acta. – P. 709-727.

113. Родин Ю.А. Грязелечение Тамбуканской иловой грязью // Ю.А. Родин, А.А. Ушаков. – М.: ГВКГ им. Н.Н. Бурденко, 2004. – 35 с.

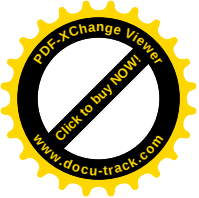
114. Лукьяненко Д.Ф. Курортные ресурсы Омской области, их использование и охрана / Д.Ф. Лукьяненко, А.Г. Патюков, Л.И. Сукач, М.Е. Матусов // Успехи современного естествознания. – 2002. – №6. – С.55-58.

115. Муравлева Р.Е. Грязевые ресурсы Ставропольского края и их рациональное использование / Р.Е. Муравлева., В.Г. Ушакова // Эффективность санаторно-курортной профилактики, лечения и реабилитации больных в системе охраны здоровья населения: Материалы Российской научно-практической конференции – Пятигорск. – 1996. – С. 38-40.

116. Загайко А.Л. Сравнительные результаты биохимических исследований лечебных грязей / А.Л. Загайко, Н.В. Шишкина. – Саки: Саксская ГГРЭС, 2001. – С. 39-40.

117. Заварзин Г.А. Эпиконтинентальные содовые водоемы как предполагаемые реликтовые биотопы формирования наземной биоты / Г.А. Заварзин // Микробиология. – 1993. – Т.62, № 5. – С. 789-800.

118. Кевбрин В.В. Физиология галофильных эубактерий – компонентов цианобактериального сообщества: автореферат дис. на соискание учёной



степени канд. биол. наук: спец. 03.00.07 «Микробиология» / В. В. Кевбрин.

М., – 1993. – 26 с.

119. Андрієнко Т.Л. Геоботанічне районування УССР / Т.Л. Андрієнко, Г.І.Білик, Є.М. Брадїс і інші. – К.: Наукова думка, 1977. – 306 с.

120. Александрова В.Д. Классификация растительности / В.Д. Александрова. – Л.: Наука, 1969. – 275 с.

121. Вальтер Г. Общая геоботаника / Г. Вальтер. – М.: Мир, 1982. – 264 с.

122. Голубев В.Н. Методические рекомендации по геоботаническому изучению и классификации растительности Крыма / В.Н. Голубев, В.В. Корженевский. – Ялта: ГНБС, 1985. – 37 с.

123. Доброчаева Д.Н. Определитель высших растений Украины / Д.Н. Доброчаева, М.И. Котов, Ю.Н. Прокудин и др. – К.: Наукова думка, 1987. – 548 с.

124. Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений./ В.А. Абакумов. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.

125. Голлербах М.М. Почвенные водоросли. / М.М. Голлербах, Э.А. Штина. – Л.: Наука, 1969. – 228 с.

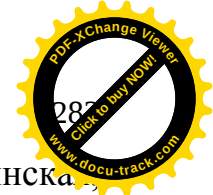
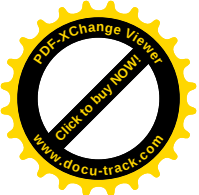
126. Топачевский А.В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А.В.Топачевский, Н.П. Масюк. – К.: Вища школа, 1984. – 336 с.

127. Кузяхметов Г.Г. Методы изучения почвенных водорослей / Г.Г. Кузяхметов, И.Е. Дубовик. – Уфа: Издательство Башкирского университета, 2001. – 60 с.

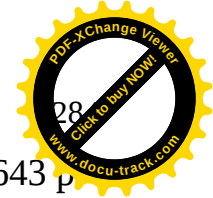
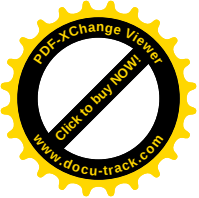
128. Зилов Е.А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем) / Е.А. Зилов. – Иркутск: ИГУ, 2009. – 147 с.

129. Костіков І.Ю. Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори) / І.Ю. Костіков, П.О. Романенко, Е.М. Демченко та інші. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.

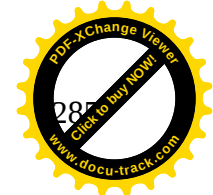
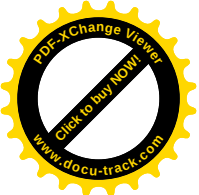
130. Голлербах М.М. Определитель пресноводных водорослей СССР.



- Выпуск 2: Синезелёные водоросли. / М.М. Голлербах, Е.К. Косинский, В.И. Полянский. – М.: Советская наука, 1953. – 327 с.
131. Забелина М.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Выпуск 4: Диатомовые водоросли / М.М. Забелина, И.А. Киселёв, А.И. Прошкина-Лавренко, В.С. Шешукова. – М.: Советская наука, 1954. – 311 с.
132. Дедусенко-Щеголева Н.Т. Определитель пресноводных водорослей СССР. Выпуск 5: Желтозелёные водоросли / Н.Т. Дедусенко-Щеголева, М.М. Голлербах. – М. – Л.: Издательство АН СССР. – 1962. – 138 с.
133. Мошкова Н.А. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 10: Зелёные водоросли. Класс Улотриковые. Порядок Улотриковые. Н.А. Мошкова, М.М. Голлербах. – Л.: Наука, 1986. – 182 с.
134. Виноградова К.Л. Определитель пресноводных водорослей СССР. Выпуск 13: Зелёные водоросли. Классы Сифорокладовые, Сифоновые. Красные водоросли. Бурые водоросли / К.Л. Виноградова, М.М. Голлербах, Л.М. Зауер, Н.В. Сдобникова. – Л.: Наука, 1980. – 126 с.
135. Кондратьева Н.В. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Синьозелені водорості / Н.В. Кондратьєва. – К.: Наукова думка. – Т.1. – 1968. – 523 с.
136. Матвієнко О.М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Жовтозелені водорості / О.М. Матвієнко, Т.В. Догадіна. – К.: Наукова думка, 1978. – Т.1. – 511 с.
137. Huber-Pestalozzi G. Das phytoplankton des Susswassers: Systematik und biologie. Die Binnengewasser / G. Huber-Pestalozzi. – Stuttgart: E. Schweizerbart'sche, 1962. – Т.3, Bd. 16. – 606 p.
138. Ettl H. Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen / H. Ettl, G. Gärtner. – Stuttgart: Gustav Fischer, 1995. – 721 s.
139. Komárek J. Cyanoprokaryota I. Oscillatoriales / J. Komárek, K. Anagnostidis // Sußwasserflora von Mitteleuropa. – Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm: Gustav Fischer, 2005. – Bd. 19. – 548 p.
140. Komárek J. Cyanoprokaryota I. Chroococcales / J. Komárek,



- K. Anagnostidis // Sußwasserflora von Mitteleuropa. – 1998. – Bd. 19(1). – 643 p.
141. Разнообразие водорослей Украины / Под ред. С.П. Вассера, П.М. Царенко // Альгология. – 2000. – №4. – 309 с.
142. Tsarenko P.M. Algae of Ukraine. Diversity, Nomenclature, Taxonomy, Ecology and Geography / P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. – Ruggell: A.R.A. Gantner Verlag K.G. – 2006. – Vol. 1. – 755 p.
143. Tsarenko P.M. Algae of Ukraine. Diversity, Nomenclature, Taxonomy, Ecology and Geography / P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. – Ruggell: A.R.A. Gantner Verlag K.G., – 2011. – Vol. 2. – 511 p.
144. Вассер С.П. Водоросли. Справочник / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк и др. – К.: Наукова думка, 1989. – 608 с.
145. Гемп К.П. Новые методы исследования зарослей водорослей в Белом море / К.П. Гемп // Проблемы использования промысловых ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии. – 1963. – Вып. 1. – С. 140-142.
146. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 192 с.
147. Цыбань А.В. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / А.В. Цыбань. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 184 с.
148. Орадовский С.Г. Руководство по методам химического анализа морских вод / С.Г. Орадовский. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 208 с.
149. Бахман В.И. Методы анализа лечебных грязей / В.И. Бахман. – М.: Медгиз, 1965. – 137 с.
150. Сапожников В.В. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоёмов и перспективных для промысла районов Мирового океана / В.В. Сапожников, А.И. Агатова, Н.В. Аржанова и др. – М.: ВНИРО, 2003. – 202 с.
151. Козаренко Т.Д. Ионообменная хроматография аминокислот / Т.Д. Козаренко. – Новосибирск: Наука, 1975. – 134 с.
152. Овчинников Ю.А. Новые методы анализа аминокислот, пептидов и



белков / Ю.А. Овчинников. – М.: Мир, 1974. – 462 с.

153. Bligh E.Y. A rapid method of total lipid extraction and purification / E.Y. Bligh, W.J. Dyer // Canadian Journal of Biochemistry and Physiology. – 1959. – № 37. – P. 911-917.

154. Кидин В.В. Практикум по агрохимии / Кидин В.В., Дерюгин И.П., Кобзаренко В.И. и др. – М.: КолосС. – 2008. – 599 с.

155. Есаулко А.Н. Лабораторный практикум по агрохимии для агрономических специальностей / А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, А.И. Подколзин и др. – Ставрополь: АГРУС. – 2010. – 276 с.

156. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, О.А. Амельянчик и др. – М.: Издательство МГУ, 2001. – 689с.

157. Орлов Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов. – М.: Издательство МГУ, 1985. – 376 с.

158. Юхнин А.А. Фракционирование фульвокислот на угле / А.А. Юхнин, Д.С. Орлов // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. – 1972. – № 5. – С. 138-141.

159. Орлов Д.С. Практикум по химии гумуса / Орлов С.Д., Л.А. Гришина – М.: МГУ, 1981. – 271 с.

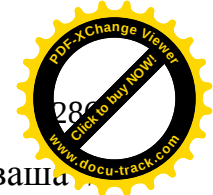
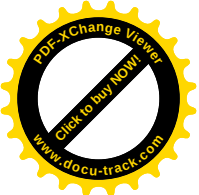
160. Минеев В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М.: МГУ, 2004. – 720 с.

161. Антипчук А.Ф. Микробиологический контроль в прудовых хозяйствах / А.Ф. Антипчук. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 145 с.

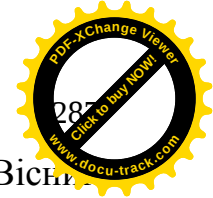
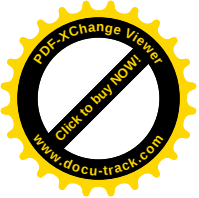
162. Антипчук А.Ф. Водна мікробіологія. Навчальний посібник / А.Ф. Антипчук, І.Ю. Кіреєва. – К.: Кондор, 2005 – 256 с .

163. Антипчук А.Ф. Микробиология рыбоводных прудов на примере водоемов Украины / А.Ф. Антипчук. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 145 с.

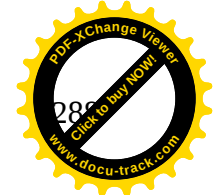
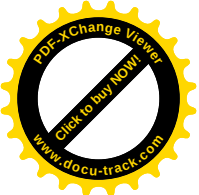
164. Солоненко А.Н. Почвенные водоросли солончаков побережья Молочного лимана в районе Алтагирского лесничества / А.Н. Солоненко, С.А. Яровой, О.Н. Разнополов // Вісник Запорізького державного університету. – 2004. – №1. – С. 206-212.



165. Солоненко А.Н. Водоросли солончаков побережья залива Сиваша / А.Н. Солоненко, С.А. Яровой, О.Н. Разнополов, С.Н. Подорожный // Вісник Запорізького національного університету. – 2005. – №1. – С. 163-167.
166. Солоненко А.Н. Водоросли солончаков поймы правого берега Молочного лимана / А.Н. Солоненко, О.Н. Разнополов, С.Н. Подорожный // Вісник Запорізького національного університету. – 2006 – №1. – С. 142-148.
167. Яровой С.А. К изучению водорослей солончаков Бердянской косы в районе озера Красное / С.А. Яровой, Т.А. Яровая, А.Н. Солоненко // Екологія та ноосферологія. – 2008, – Т. 19, № 1-2 – С.160-162.
168. Солоненко А.Н. Водоросли солончаков устьевой части реки Корсак и урочища Тубальский лиман / А.Н. Солоненко, С.А. Яровой, Т.А. Яровая // Бюллетень государственного Никитского ботанического сада. – 2008. – Вып. 96. – С. 26-29.
169. Солоненко А.Н. Водоросли солончаков Степановской и Федотовой кос Северо-Западного побережья Азовского моря / А.Н. Солоненко, С.А. Яровой, С.Н. Подорожный, О.Н. Разнополов // Ґрунтознавство. Дніпропетровський національний університет: – 2006. – Т. 7, № 3-4. – С. 123-127.
170. Солоненко А.Н. Водоросли солончаков прибрежной полосы Молочного лимана / А.Н. Солоненко, О.Н. Разнополов // Ґрунтознавство. – 2007. – Т.8, №1-2. – С. 96-100.
171. Черевко С.П. Домінуючий комплекс фітопланктону плесів Східного Сиваша / С.П. Черевко, І.Ю. Костіков, А.М. Солоненко, С.О. Яровий // Чорноморський ботанічний журнал. – 2008 – Т. 4, №2. – С. 207-215.
172. Солоненко А.М. Водорості приморських солончаків півострова Чонгар (Сиваш) / А.М. Солоненко, С.О. Яровий // Чорноморський ботанічний журнал. – 2009. – Т. 5, №2. – С.224-230.
173. Солоненко А.М. Анотований список водоростей солончаків Степанівської коси / А.М. Солоненко, С.О. Яровий // Чорноморський ботанічний журнал. – 2009. –Т.5, № 4. – С. 617-628.
174. Солоненко А.М. Водорості солончаків узбережжя озера Солоне



- (Запорізька область) / А.М. Солоненко, С.О. Яровий, Т.А. Ярова // Вісник Львівського університету імені Івана Франка. – 2010. – Вип. 52. – С. 13-19.
175. Солоненко А.М. Водорості солончаків Шелюгівського поду (Запорізька область) / А.М. Солоненко, С.О. Яровий // Український ботанічний журнал. – 2011. – Т.68, №3. – С.399-406.
176. Iarovyi S.A. Macroscopic algae growth on the Azov sea seaboard solonchak soils / S.A. Iarovyi, I.Yu. Kostikov, A.N. Solonenko // Матеріали конференції Biology and taxonomy of green algae. Congress Center of the Slovak Academy of Sciences Smolenice-Castle, Slovakia, June 25-29, 2007. – P. 46.
177. Солоненко А.Н. Водоросли окультуренных почв Причерноморско-Приазовской сухостепной провинции Степной зоны Украины / А.Н.Солоненко // Тезисы докладов II Международной конференции «Актуальные проблемы современной альгологии». – Киев, 26-28 мая 1999 г. – С. 134.
178. Яровой С.А. Водоросли приморских солончаков полуострова Чонгар (Сиваш) / С.А. Яровой, А.Н.Солоненко // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: Материалы II всероссийской альгологической конференции (Сыктывкар, 5-9 октября 2009 г.), Республика Коми, Россия. – С. 249-252.
179. Яровой С.А. Почвенные водоросли приморских солончаков Бердянской косы в районе озера Красное / С.А. Яровой, А.Н. Солоненко, Т.А. Олейник // Матеріали міжнародної конференції «Біологія ХХІ століття: теорія, практика, викладання» Черкаський національний університет ім. Богдана Хмельницького, КНУ ім. Тараса Шевченка. 1-4 квітня 2007 р., м. Черкаси – м. Канів. – С. 97-98.
180. Громов В.В. Водная и прибрежно-водная растительность северного и западного побережья Азовского моря / В.В. Громов // Журнал Сибирского государственного университета. Биология. – 2012. – Т. 5, №2. – С. 121-137.
181. Aliya R. Survey of freshwater algae from Karachi, Pakistan. / R. Aliya, A.Zarina, M. Shameel // Pakistan Journal of Botany. – 2009. – Vol. 2, №42. – P.



861-870.

182. Starmach K. Freshwater algae of the Thala Hills oasis (Enderby Land, East Antarctic) / K. Starmach // Polish Polar Research. – 1995. – Vol. 16, №№3-4. – P.113-148.

183. Костиков И.Ю. К вопросу о зональных особенностях состава почвенных водорослей / И.Ю. Костиков // Альгология. – 1991. – Т. 1, №4. – С. 15-22.

184. Новичкова-Иванова Л.Н. Почвенные водоросли фитоценозов Сахаро-Гобийской пустынной области / Л.Н. Новичкова-Иванова. – Л.: Наука, 1980. – 256 с.

185. Топачевский А.В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А.В. Топачевский, Н.П. Масюк // – К.: Вища школа, 1984. – 336 с.

186. Aktan Y. A Study on the Occurrence of *Merismopedia* Meyen (Cyanobacteria) Populations on the Littoral Sediments of Üzmit Bay (Turkey) / Y. Aktan, G. Aykulu // Turkish Journal of Botany. – 2003. – №27. – P. 277-284.

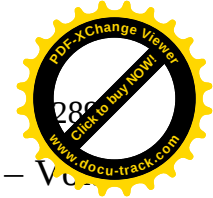
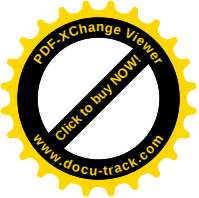
187. Erkaya İ.A. The Abundant and Wide-Spread Species of Algae in the Algal Flora of the Lower Euphrates Basin Wetlands / İ.A. Erkaya, T.B. Özer, A. Akbulut and others // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2011. – №11. – P. 55-62.

188. Marshall H.G. A review of phytoplankton composition within Chesapeake Bay and its tidal estuaries / H.G. Marshall, T.L. Burchard, R. Lacouture // Journal of Plankton Research. – 2005. – Vol. 27, № 11. – P. 1083-1102.

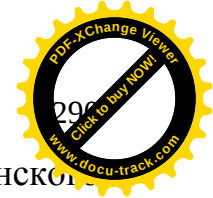
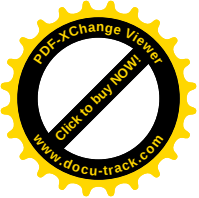
189. Nagasathya A. Cyanobacterial diversity in the hypersaline environment of the saltpans of Southeastern coast of India / A. Nagasathya, N. Thajuddin // Asian Journal of Plant Sciences. – 2008. – Vol. 7, №5. – P. 473-478.

190. Муравьёва И.П. Некоторые факторы влияющие на самоочищение морской воды / И.П. Муравьёва, Т.О. Гапонюк // Экология моря. – 2004. – Вып. 66. – С.79-81.

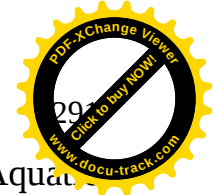
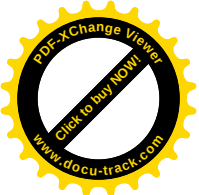
191. Whitton A.-D. Diversity within cyanobacterial mat communities in variable salinity meltwater ponds of McMurdo Ice Shelf, Antarctica / A.-D. Whitton,



- I. Hawes, D. Mountfort and others // *Environmental Microbiology*. – 2005. – Vol. 7, №4. – P. 519-529.
192. Рябушко Л.И. Микроводоросли планктона и бентоса Азовского моря (Чек-лист, синонимика, комментарий) / Л.И. Рябушко, А.В. Бондаренко. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – 211 с.
193. Barinova S. Study of seasonal influences on algal biodiversity in the River Yaron (central Israel) by bio-indication and canonical correspondence analysis (CCA) / S. Barinova, M. Tavassi // *Turkish Journal of Botany*. – 2009. – №33. – P. 353-372.
194. Khuhawar M.Y. Limnological study of Bagshar lake district Bhimber Azad Kashmir / M.Y. Khuhawar, M. Aslam Mirza, S. M. Leghari, R. Arain // *Pakistan Journal of Botany*. – 2009. – Vol.41, №4. – P. 1903-1915.
195. Mohsen A.F. Occurrence of Cyanobacteria and their possible toxicity / A.F.Mohsen, O.A. Al-Amoudi // *K.A.U.: Sci.* – 1989. – Vol. 1. – P. 15-22.
196. Perumal N.V. Seasonal variations of plankton diversity in the Kaduviyar estuary, Nagapattinam, southeast coast of India November / N.V. Perumal, M.Rajkumar, P. Perumal, K.T. Rajasekar // *Journal of Environmental Biology*. – 2009. – Vol. 30, №6. – P. 1035-1046.
197. Silambarasan G. Diversity of marine cyanobacteria from three mangrove environment in Tamil Nadu coast, South East coast of India / G. Silambarasan, T. Ramanathan, K. Kathiresan // *Current Research Journal of Biological Sciences*. – 2012. – Vol. 4, №3. – P. 235-238.
198. Виноградова О.М. Суанопрокаруота у гіпергалійних місцезростаннях та їх адаптаційні стратегії / О.М. Виноградова. – К.: Ukrainian Phytosociological Collection. – 2006. – Вып. 24. – С. 33-44.
199. Zaitsev Yu.P. Black sea biological diversity – Ukraine, Black Sea environmental series / Yu.P. Zaitsev, B.G. Alexandrov // *United Nations Publications*. – 1998. – №7. – P.351.
200. Zaitsev Yu.P. Marine neustonology / Yu.P. Zaitsev. – Kiev: Nauk. dumka, 1970. – 264 p.



201. Валеева Э.И. Альгофлора водоемов бассейна Туринско-Пышминского междуречья в нижнем течении / Э.И. Валеева // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2010. – №11. – С. 3-18.
202. Герасимова О.В. Цианопрокарьюта водоёмов Днепровско-Орельского природного заповедника (Украина) / Герасимова О.В. // Альгология. – 2009. – Т. 19, №2. – С. 16-196.
203. Кутіщев П.С. Видовий склад і продукційні можливості харчових гідробіонтів Дніпровсько-бузького лиману / П.С. Кутіщев, І.М. Шерман // Рибогосподарська наука України. – 2009. – №4. – С. 33-48.
204. Тарасова Н.Г. Фитопланктон Куйбышевского водохранилища в августе 2009 г. / Н.Г. Тарасова, Т.Н. Буркова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – Т. 12, № 1. – С. 174-178.
205. Davies O.A. Seasonal abundance and distribution of plankton of Minichinda stream, Niger Delta, Nigeria / O.A. Davies, J.F.N. Abowei, B.B. Otene // American Journal of Scientific Research. – 2009. – Issue 2. – P.20-30.
206. Whitton B.A. Terrestrial and swamp algae from three islands in the Chagos archipelago, Indian ocean / B.A. Whitton, A. Donaldson, D.J. Bellamy, C. Sheppard // Atoll Research Bulletin. – 1977. – № 217. – P. 10.
207. Nandan S.N. Study of blue green algae-biodiversity of lentic hydrosphere of Haranbari Dam of Maharashtra (India) / S.N. Nandan, S.R. Ahuja // Asian Journal of Experimental Biological Sciences. – Vol. 5, №3. – 2010. – P.132-135.
208. Иванова Е.А. Таксономический состав фитопланктона малых рекреационных водоёмов г. Красноярск / Е.А. Иванова, Е.С. Кравчук, О.В. Колмакова // Вестник Красноярского государственного университета. – 2004. – №7. – С. 98-105.
209. Budzyńska A. The dynamics of a *Planktothrix agardhii* population in a shallow dimictic lake / A. Budzyńska, R. Gołdyn, P. Zagajewski and others // International Journal of Oceanography and Hydrobiology. – 2009. – Vol. XXXVIII, Suppl. 2. – P. 7-12.
210. Neyran E.S. Functional classification and composition of phytoplankton in



Liman lake / S.E. Neyran, A. Gönülo // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2010. – №10. – P. 53-60.

211. El-Sheekh M.M. Phytoplankton composition as a response of water quality in El Salam canal hadous drain and Damietta branch of river Nile Egypt / M.M. El-Sheekh, M.A.I. Deyab, S.S. Desouki, M. Eladl // Pakistan Journal of Botany. – 2010. – Vol. 42, №4. – P. 2621-2633.

212. Sincy J. Ecological and biochemical studies on Cyanobacteria of Cochin estuary and their application as source of antioxidants / J. Sincy // Thesis submitted to Cochin University of science and technology in partial fulfilment of the requirements for the degree of doctor of philosophy under the faculty of marine sciences, Department of marine biology, microbiology and biochemistry, Cochin University of science and technology, Kochi, India, 2005. – 159 p.

213. Oguni A. Floristic studies on algae from inland waters of Antarctica: II. Lake O-Ike, West Ongul Island / A. Oguni, E. Takahashi // Proc. NIPR Symp. Polar Biol. – 1989. – №2. – P. 154-166.

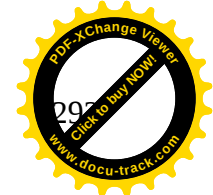
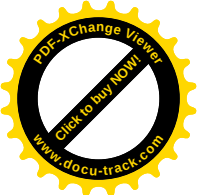
214. Aysel V. Bozcaada (Çanakkale, Ege Denizi, Türkiye) Deniz Algleri Ve Deniz Çayırıları / V. Aysel, H. Erduğan, E. Ş. Okudan, E. H. Bozcaada // Journal of Fisheries & Aquatic Sciences. – 2005. – Vol. 22, Issue 1-2. – P. 59-68.

215. Sugumar R. Diversity of saltpan marine cyanobacteria from Cape Comorin Coast of Tamilnadu / R. Sugumar, G. Ramanathan, K. Rajarathinam and others // Journal of Phytology. – 2011. – Vol. 3, №9. – P. 1-4.

216. Cadjo S. Phytoplankton, physico-chemical and saprobiological characteristics of the Danube river, on the stretch through Serbia / S. Cadjo, A. Miletic, A. Djurkovic. – Ohrid: BALWOIS, 2008. – P. 184-188.

217. Hamed A.F. Biodiversity and distribution of blue-green algae. Cyanobacteria and diatoms in some of the Egyptian water habitats in relation to conductivity. / A.F. Hamed // Australian Journal of Basic and Applied Sciences. – 2008. – Vol. 2, №1. – P. 1-21.

218. Nagle V.L. Isolation and characterization of selected Cyanophyceae members / V.L. Nagle, N.M. Mhalsekar, T.G. Jagtap // Indian Journal of Marine



Sciences. – 2010. – Vol.39, №2. – P. 212-218.

219. Krishna P.V. Growth requirements of a halophilic blue-green alga, *Phormidium tenue* (Menegh) / P.V. Krishna // Ibid. –1954. – №1. – P. 130-144.

220. Galhano V. Morphological, biochemical and molecular characterization of *Anabaena*, *Aphanizomenon* and *Nostoc* strains (Cyanobacteria, Nostocales) isolated from Portuguese freshwater habitats / V. Galhano, D. De Figueiredo, A. Alves and others // Hydrobiologia. – 2011. –Vol. 663, Issue 1. – P. 187-203.

221. Абдурахманова А. А. Таксономическая характеристика фитопланктона Дагестанского побережья Среднего Каспия / А.А. Абдурахманова, Ф.Ш. Амаева, М.М. Османов, М.М. Алигаджиев // Вестник Дагестанского научного центра. – 2010. –№36. – С. 30-36.

222. Митрофанова Е.Ю. Фитопланктон озёр разной минерализации (на примере реки Касмалы, Алтайский край) / Е.Ю. Митрофанова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – Т. 68, №6. – С. 67-72.

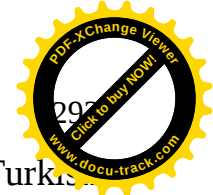
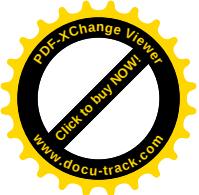
223. Coutinho R. The horizontal distribution of the benthic algal flora in the Patos Lagoon estuary, Brazil, in relation to salinity, substratum and wave exposure / R. Coutinho, U. Seeliger // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. – 1984. – Vol. 80., №3. – P. 247-257.

224. Mazur-Marzec H. Toxic *Nodularia spumigena* blooms in the coastal waters of the Gulf of Gdańsk: a ten-year survey / H. Mazur-Marzec, A. Krężel, J. Kobos, M. Pliński // Oceanologia. – 2006. – Vol. 48, №2. – P. 255-273.

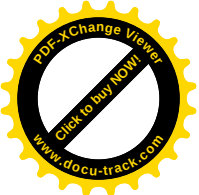
225. Nasrollahzadeh H.S. The study of *Nodularia spumigena* bloom event in the Southern Caspian sea / H.S. Nasrollahzadeh, A. Makhloogh, R. Pourgholam and others // Applied ecology and environmental research. – 2011. – Vol. 9, №2. – P. 141-155.

226. Oliva M.G. Planktonic bloom-forming *Nodularia* in the saline Lake Alchichica, Mexico / M.G. Oliva, A. Lugo, J. Alcocer and others // Natural Resources and Environmental Issues. – 2009. – Vol. 15, №22. – P. 121-126.

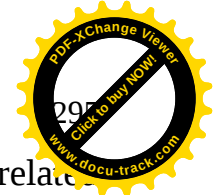
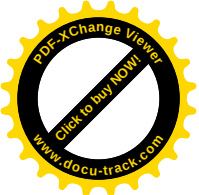
227. Baytut O. Temporal variations of phytoplankton in relation to eutrophication



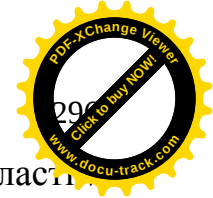
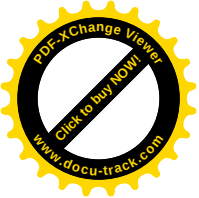
- in Samsun Bay, Southern Black Sea / O. Baytut, A. Gonulol, T. Koray // *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. – 2010. – №10. – P. 363-372.
228. Rakowska B. Benthic diatoms in polluted river sections of central Poland / B. Rakowska // *Oceanological and Hydrobiological Studies*. – 2004. – Vol. XXXIII, №1. – P. 11-21.
229. Krivograd-Klemenčič A. Algal flora of four different springs in Slovenia / A. Krivograd-Klemenčič // *Annales Series Historia Naturalis*. – 2004. – Vol. 14, №1. – P. 85-92.
230. Silva-Benavides A.M. Cyanoprocaryota y microalgas (Chlorophyceae y Bacillariophyceae) bentónicas dominantes en ríos de Costa Rica / A.M. Silva-Benavides, C. Sili, G. Torzillo // *International Journal of Tropical Biology and Conservation*. – 2008. – Vol. 56, №4. – P.221-235.
231. Akhtar N. Some members of Ulotrichales from Jalala, district Mardan, Pakistan / N. Akhtar, Ruqia Rehman Syeda // *Pakistan Journal of Plant Sciences* – 2009. – Vol. 15, №1. – P. 19-30.
232. Hällfors G. Checklist of Baltic sea phytoplankton species / G. Hällfors. – Helsinki: Helsinki Commission Baltic Marine Environment Protection Commission, 2004. – 208 p.
233. Fleming E. Effects of salinity and light intensity on the resumption of photosynthesis in rehydrated cyanobacterial mats from baja California Sur, Mexico / E. Fleming, D. Bebout, M. Brad, R. Castenholz // *Journal of Phycology*. – 2007. – Vol. 43, Issue 1. – P. 15-24.
234. Никулина Т.В. Видовое разнообразие диатомовых водорослей реки Онон и ее притоков (бассейн реки Амур) / Т.В. Никулина // – Владивосток: Дальнаука, 2008. – С. 89-98.
235. Akbulut A. Planktonic diatom assemblages and their relationship to environmental variables in lakes of salt lake basin (central Anatolia-Turkey) / A. Akbulut, M. Dügel // *Fresenius Environmental Bulletin*. – 2008. – Vol. 17, № 2. – P. 154-163.
236. Pasztaleniec A. Distribution of benthic diatoms in the Świnka River (Polesie



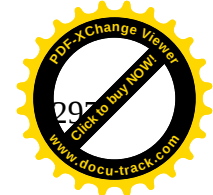
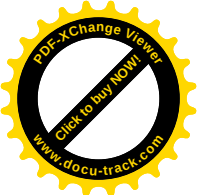
- Region) in relation to salinity / A. Pasztaleniec, A. Połec // International Journal of Oceanography and Hydrobiology. – 2006. – Vol. XXXV, №3. – P. 227-236.
237. Potapova M. Distribution of benthic diatoms in U.S. rivers in relation to conductivity and ionic composition / M. Potapova, D.F. Charles // Freshwater Biology. – 2003. – №48. – P. 1311–1328.
238. Camargo J.A. Ecological responses of epilithic diatoms and aquatic macrophytes to fish farm pollution in a Spanish river / J.A. Camargo, A. Jiménez // Anales del Jardín Botánico de Madrid. –2007. – Vol. 64, №2. – P. 213-219.
239. Kiliñç S.E.R. Sivaci A Study on the Past and Present Diatom Flora of Two Alkaline Lakes / S.E.R. Kiliñç // Turkish Journal of Botany. – 2001. – №25. – P. 373-378.
240. Rakowska B. Cyanobacteria water blooms as sociated with various eukaryotic algae in the Sulejow reservoir / B. Rakowska, M. Sitlowska, E.Szczepocka, B. Szulc // Oceanological and Hydrobiological Studies. – 2005. – Vol. XXXIV, №1. – P. 31-38.
241. Xhulaj S. Diatom (Bacillariophyceae) flora of Karavasta lagoon / S. Xhulaj, D. Bode. – Ohrid: BALWOIS, 2010. – 10 p.
242. Mohan K.S. Bacillariophyceae of two tropical South Indian lakes of Hyderabad / K.S. Mohan // Botanical Bulletin Academia Sinica. – 1987. – №28. – P. 13-24.
243. Levente N. Diatom communities of some stagnant waters with different salinity levels from Turda: abstract of the PhD thesis / N. Levente. – Chuj: Napoca, 2012. – 42 p.
244. Jackson J.E.Jr. Fidelity of thermophilic blue-green algae to hot spring habitats / J.E.Jr. Jackson, R.W. Castenholz // Limnology and oceanography. – 1975. – Vol. 30, №3. – P. 305-322.
245. Marcarelli A.M. Salinity controls phytoplankton response to nutrient enrichment in the Great Salt Lake, Utah, USA / A.M. Marcarelli, W.A. Wurtsbaugh, O. Griset // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences – 2006. – №63. – P. 2236-2248.



246. Aktan Y. Occurrence of *prorocentrum* spp. in Izmit Bay and related environmental factors / Y. Aktan, V. Tufekci // *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* – 2007. – №38. – P. 340.
247. Al Busaidi S.S. Hydrographical observations during a red tide with fish mortalities at Masirah Island / S.S. Al Busaidi, K. Al Rashd, M.H.M. Al Gheilani, S. Amer // *Oman Agricultural and Marine Sciences.* – 2008. – №13. – P. 63-72.
248. Harding W.J. The algae of Utah lake. Part II / W.J. Harding // *Great Basin Naturalist.* – 1971. – Vol. 31, №3. – P. 125-134.
249. Hašler P. The survival and vitality of cyanobacteria and algae in fishpond bottom sediments / P. Hašler, A. Pouličková, M. Lysáková // *Czech Phycology.* – 2004. – №4. – P. 133-144.
250. Виноградова О.Н. Водоросли Азово-Сивашского национального природного парка (Украина) / О.Н. Виноградова, Т.М. Дариенко // *Альгология.* – 2008. – Т.18, № 2. – С. 183-197.
251. Rico A. Intertidal and Subtidal Fouling Assemblages in a Patagonian Harbour (Argentina, Southwest Atlantic) / A. Rico, J. Gappa Lopez // *Hydrobiologia.* – 2006. – Vol. 563, Issue 1. – P. 9-18.
252. Rashmi B.S. Diversity of Phytoplankton of Lakkinakoppa Pond Shivamogga Dist. Karnataka / B.S. Rashmi, G. Malammanavar – 2013. – Vol. 2, №3. – P. 87-91.
253. Rajagopal T. Comparison of physico-chemical parameters and phytoplankton species diversity of two perennial ponds in Sattur area, Tamil Nadu / T. Rajagopal, A. Thangamani, G. Archunan // *Journal of Environmental Biology.* – 2010. – №9. – P. 787-794.
254. Humm H.J. The Benthic Marine Algae of Timbalier Bay, Louisiana / J.H. Humm, M.T. Bert // *Rice University Studies.* – 1979. – Vol.65, №4. – P. 379-400.
255. Bird C. Investigation of the marine algae of Nova Scotia: XIII. Cyanophyceae / C. Bird, J. McLachlan // *Proc. N.S. Inst. Sci.* – 1977. – Vol. 28. – P. 65-86.



256. Горбулін О. Доповнення до альгофлори водойм Харківської області / О. Горбулін, Н. Стаценко, Т. Шахова // Матеріали конференції молодих вчених-ботаніків України (13-16 вересня 2000 р., Чернігів, Седнів). – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2000. – С. 11-12.
257. Barbara I. Checklist of the benthic marine and brackish Galician algae (NW Spain) / I. Barbara, J. Cremades, S. Calvo and others // *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. – Vol.62, –1. – P. 69-10.
258. Брезгунова Е.Ю. Водоросли озера Зимнее (Харьковская обл.) / Е.Ю.Брезгунова // Тези VII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених з проблем водних екосистем «Pontus Euxinus – 2011», присвяченої 140-річчю Інституту біології південних морів Національної академії наук України (24 - 27 травня 2011 р.) – Севастополь: ЕКОСІ-Гідрофізика, 2011. – С. 46-47.
259. Nurul I.A.K.M. Hydrobiological studies within the tea gardens at Srimangal, Bangladesh. II. Algal flora (excluding Chlorophyceae) / A.K.M.I. Nurul, H.M.D. Irfanullah // *Bangladesh J. Plant Taxon*. – 2005. – Vol. 12, №1. – P. 33-52.
260. Aleem A.A. Contributions to the study of the marine algae of the Red sea / A.A. Aleem // *Bulletin of the Faculty of Science*. – 1978. – №2. – P. 118.
261. Naz S. Survey of freshwater cyanophyta from areas of nothern region of Pakistan and Azad Kashmir / S. Naz, M. Shameel, M. Ul-Hasan, S. Ur-Rehman // *Pakistan Journal of Botany*. – 2003. – Vol. 35, №5. – P.731-741.
262. Медведева Л.А. Сообщества перифитонных водорослей водотоков бассейна Зейского водохранилища / Л.А. Медведева. – Владивосток: Дальнаука, 2008. – С. 72-88.
263. Abed R.M.M. Cyanobacterial diversity and bioactivity of inland hypersaline microbial mats from a desert stream in the Sultanate of Oman / R.M.M. Abed, S.Dobrestov, S. Al-Kharusi and others // *Fottea*. – 2011. – Vol. 11, №1. – P. 215-224.
264. Hamisi M.I. Cyanobacterial Occurrence and Diversity in Seagrass Meadows in Coastal Tanzania / M.I. Hamisi, T.J. Lyimo, M.H.S. Muruke // *Western Indian*



Ocean Journal of Marine Science – 2004. – Vol. 3, №2. – P. 113-122.

265. Алешина О.А. Планктонные сообщества реки Ишим и её притоков как показатель их экологического состояния (в пределах Тюменской области) / О.А. Алешина, О.Г. Воронова, О.Г. Швецова // Вестник Тюменского государственного университета. – 2009. – №3. – С. 223-231.

266. Nascar N. Brackish water Oscillatoriaceae from North Parganas, West Bengal, India / N. Nascar, K.R. Nascar, C.R. Sen // Bangladesh Journal Plant Taxonomy –2008. – Vol. 15, №1. – P. 31-38.

267. Mahar M.A. Studies on Water Chemistry and Fish Production of Manchar Lake, Dadu, Sindh (Pakistan) / M.A. Mahar, S.I.H. Jafri, S.M. Laghari, M.Y. Khuhawar // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2000. – №3. – P. 2151-2153.

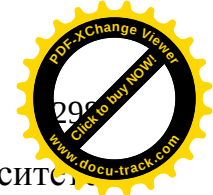
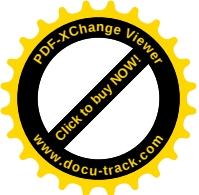
268. Komarek O. Diversity of freshwater and terrestrial habitats and their oxyphototroph microflora in the Arctowski Station region, South Shetland Islands / O. Komarek, J. Komarek // Polish Polar Research. – 1999. – Vol.20, №3. – P. 259-282.

269. Melnicus C. Use of waste water of livestock in order to obtain biomass fodder cheap / C. Melnicus, N. Dontu, R. Usturoi, V. Salaru // Journal of Plant Development. –2009. – №16. – P. 87–90.

270. Максимова Е.Н. Педагогогенез и ботанические комплексы минеральных источников Прибайкалья / Е.Н. Максимова, О.Г. Лопатовская, З.А. Осадковский // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – Т. 54, №2. – С. 178-180.

271. Гладких А.С. Сообщества цианобактерий в биоплёнках и планктоне литоральной зоны озера Байкал: автореферат дис. на соискание учёной степени канд. биол. наук: спец. 03.02.08 «Экология» / А.С. Гладких. – Иркутск, 2012. – 20 с.

272. Шевченко Т.Ф. К изучению сообществ водорослей перифитона Каневского водохранилища (Украина) / Т.Ф. Шевченко // Материалы Международной научной конференции, посвящённой 75-летию образования



кафедр ботаники и зоологии в Мордовском государственном университете
(Саранск, 15 - 18 мая, 2008 г.). – 2008. – С. 197-198.

273. Lein T.E. New records of benthic marine algae for Norway, with notes on some rare species from the Florø district, western Norway / T.E. Lein, G. Bruntse, K. Gunnarsson, R. Nielsen // *Sarsia*. – 1999. – №84. – P.39-53.

274. Adesalu T.A. Cyanobacteria of a Tropical Lagoon, Nigeria / T.A. Adesalu, D.I. Nwankwo // *Journal of American Science*. – 2010. – Vol. 6, №4. – P. 77-82.

275. Celia L.S.A. Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil / L.S.A. Celia, S.S. Melcher, M.D.C. Carvalho and others // *Revista Brasil. Bot.* – 2007. – Vol. 30, №1. – P. 1-17.

276. Chomérat N. Seasonal succession of cyanoprokaryotes in a hypereutrophic oligo- mesohaline lagoon from the South of France / N. Chomérat, R. Garnier, C.Bertrand, A. Cazaubon // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. – 2007. – Vol. 72, Issue 4. – P. 591-602.

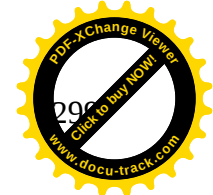
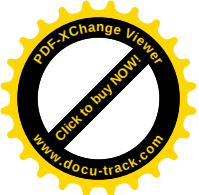
277. Hussein N.R. Studies on spatio-temporal dynamics of phytoplankton in El-Umum drain in west of Alexandria, Egypt / N.R. Hussein, S.M. Gharib // *Journal of Environmental Biology*. – 2012. – Vol. 33, №1. – P. 101.

278. Ткаченко Ф.П. Макрофитобентос филлофорного поля Зернова в современных условиях (Чёрное море, Украина) / Ф.П. Ткаченко, И.П. Третьяк, Э.Ф. Костылев // *Альгология*. – 2008. – Т. 18, №4. – С. 423-431.

279. Stoyneva M.P. Taxonomic and Ecological Notes to the List of Green Algal Species from Bulgarian Thermomineral Waters / M.P. Stoyneva, G. Gärtner // *Ber. Nat.-Med. Verein Innsbruck*. – 2004. – Band 91. – S. 67 – 89.

280. Yerli S.V. Phytoplankton community, nutrients and chlorophyll a in Lake Mogan (Turkey) with comparison between current and old data / S.V. Yerli, E. Kivrak, H. Gürbüz and others // *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. – 2012. – №12. – P. 95-104.

281. Malinsky-Rushansky N. Physiological characteristics of picophytoplankton, isolated from Lake Kinneret: responses to light and temperature / N. Malinsky-Rushansky, T. Berman, T. Berner and others // *Journal of Plankton Research*. –



2002. – Vol. 24, №1. – P. 1173-1183.

282. Глущенко Л.А. Структура фитоперифитона в оценке качества воды разнотипных водных объектов реки Енисей: автореферат дис. на соискание учёной степени канд. биол. наук: спец. 03.02.10 «Гидробиология» / Л.А. Глущенко. – Красноярск, 2010. – 23 с.

283. Клоченко П.Д. Особенности видового разнообразия фитопланктона притоков Днепра / П.Д. Клоченко, И.Ю. Иванова // Альгология. – 2009. – Т. 19, № 4. – С. 362-379.

284. Cambral J. Filamentous green algae of Spain: distribution and ecology / J.Cambral, M. Aboal // Limnetica. – 1992. – Vol. 8, №2. – P. 13-220.

285. Chattopadhyay C. Temporal changes in environmental characteristics and diversity of net phytoplankton in a freshwater lake / C. Chattopadhyay, T.C.Banerjee // Turkish Journal of Botany. – 2007. – №31. – P. 287-296.

286. McAvoy K. Positive and negative effects of riverine input on the estuarine green alga *Ulva intestinalis* (syn. *Enteromorpha intestinalis*) (Linneaus) / K. McAvoy, J.L. Klug // Hydrobiologia. – 2005. – Vol. 545, Issue 1-3. – P. 1-9.

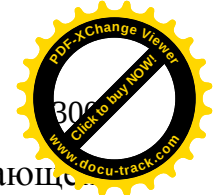
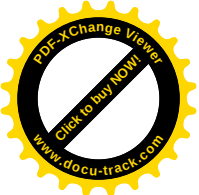
287. Романов Р.Е. Новые находки редких видов водорослей в равнинных водотоках и водоёмах юга Западной Сибири / Р.Е. Романов // Сибирский ботанический вестник. – 2008. – Т. 3, №№1-2. – С. 3-10.

288. Яровий С.О. Водорості приморських солончаків Присивасько-Приазовської фізико-географічної області України / С.О. Яровий // Чорноморський ботанічний журнал – 2013. – Т. 9, №2. – С. 238-256.

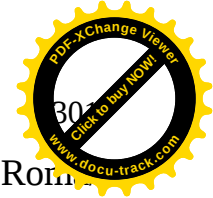
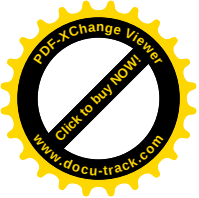
289. Drouet F. Ecophenes of *Schizothrix calcicola* (Oscillatoriaceae) / F. Drouet // Proceedings of the Academy of Natural Sciences, Philadelphia. – 1963. – №115. – P. 261.

290. Venice system (1959). The final resolution of the symposium on the classification of brackish waters // Archo Oceanogr. Limnol. – №11. – 1959. – P. 243–248.

291. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. – Кишинев: Гл.ред. Молдавской советской энциклопедии, 1989. – 406 с.



292. Баринова С.С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С.С. Баринова, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова. – Тель Авив: Pilies Studio, 2006. – 498 с.
293. Denys L. A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the western Belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements / L. Denys. – Brussels: Ministere des Affaires Economiques, Service Geologique de Belgique, 1991. – 41 p.
294. Яровой С.А. О морфологических особенностях *Hydrocoleum homoeotrihum* Kutzing ex Gomont 1892 в условиях культуры / С.А. Яровой, И.Ю. Костиков, А.Н. Солоненко // Материалы конф. «Актуальные проблемы современной альгологии» Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков 20-23 апреля. – 2005. – С. 190-191.
295. Felder D.L. Gulf of Mexico-origins, waters and biota / D.L. Felder, D.K. Camp. – College Station: Texas A&M Press, 2009. – 1312 p.
296. Mah C.L. World Asteroidea database. UK checklist of marine species derived from the applications Marine Recorder and UNICORN, version 1.0 [Электронный Ресурс] / C.L. Mah. – 2015. – Режим доступа до бази: <http://www.marinespecies.org/asteroidea/index.php>.
297. Cassis D. Phyto'pedia. The Phytoplankton Encyclopaedia Project. – UBC Department of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences, Vancouver. [Электронный ресурс] / D. Cassis. – 2012. – Режим доступа до бази: http://www.eos.ubc.ca/research/phytoplankton/diatoms/centric/rhizosolenia/r_setigera.html.
298. Krammer K. Susswasserflora von Mitteleuropa». Bacillariophyceae / K. Krammer, H. Lange-Bertalot. – Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg, 1986-1991. – 2458 p.
299. Uchida T. The relationships between *Prorocentrum micans* growth and its ecological environment / T. Uchida // Scientific Papers Of The Institute Of Algological Research Faculty Of Science Hokkaido University. – 2004. – P. 17-76.
300. Lakkis S. Le phytoplancton marin du Liban (Méditerranée orientale):



biologie, biodiversité, biogéographie [Електронний Ресурс] / S. Lakkis // Romm
– 2011. – P. 293. – Режим доступа до бази:

<http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=sourcedetails&id=162894>.

301. Лисовская О.А. Разнообразие макроводорослей побережья Таманского п-ова в летний период / О.А. Лисовская, О.В. Степаньян // Альгология. – 2009. – Т.19, №4. – С. 341-348.

302. Яровой С.А. Макроскопические разрастания водорослей на приморских солончаках побережья Азовского моря / С.А. Яровой, А.Н. Солоненко, Т.А. Яровая// Материалы международной научной конференции и VII Школы по морской биологии «Современные проблемы альгологии» 9-13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону. – С. 394-395.

303. Sobha V. Impact assessment of retting activity on the abundance of phytoplankton species of Kadinamkulam Lake, Southern Kerala / V. Sobha, A. Rammohan, S. Santhosh, J.C. Thara // Seaweed Research and Utilisation. – 2007. – Vol. 29, №№1-2. – P. 187-195.

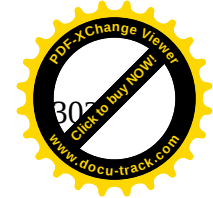
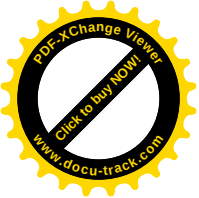
304. Gromov B.V. Morphology and ultrastructure of some chlorococcal algae from the collection of algal strains in Leningrad University / B.V. Gromov, K.A. Mamkaeva / Archiv für Hydrobiologie. – 1974. – Suppl. 46. – P. 1-9.

305. Скребовська С.В. *Scotiellopsis levicostata* (Chlorophyta) в системі Scenedesmaceae / С. В. Скребовська, І. Ю. Костиков // Чорноморський ботанічний журнал. – 2012. – Т.8, №4. – С. 401-412.

306. Солоненко А.М. Водорості приморських солончаків півострова Чонгар / А.М. Солоненко, С.О. Яровий // Чорноморський ботанічний журнал. – 2009. – Т. 5, №2. – С. 224-230.

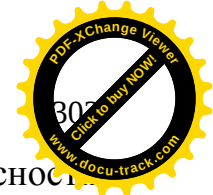
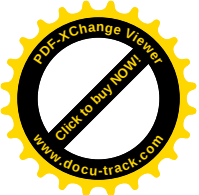
307. Солоненко А.М. Водорості солончаків узбережжя озера Солоне / А.М. Солоненко, С.О. Яровий, Т.А. Ярова // Вісник Львівського університету. – 2010. – №52. – С. 13-20.

308. Hanagasta N. Eukaryotic picoplankton, *Mychonastes homosphaera* (Chlorophyceae, Chlorophyta), in Lake Kinneret, Israel / N. Hanagasta, N. Malinsky-Rushansky, Z. Dubinsky // Phycological Research. – 1999. – №47. –

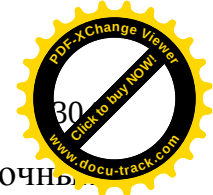
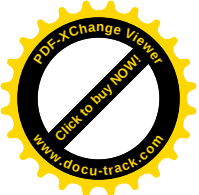


P. 263-270.

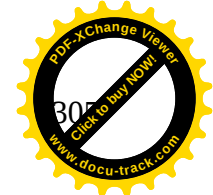
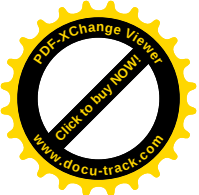
309. Yarovoi S.A. *Dilabifilum* – like alga (Chlorophyta) from the seabord solonchak soils / S.A. Yarovoi, I.Yu. Kostikov // Матеріали міжнародної конференції Alga in terrestrial ecosystems. International Conference Kaniv Nature Reserve, Kaniv, Ukraine, September 27-30, 2005. – P. 66-67.
310. Виноградова О.М. Синьозелені водорості екстремальних місцезростань: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д.-ра біол. наук: спец. 03.00.05 «Ботаніка» / О.М. Виноградова. – К., 2013. – 44 с.
311. Яровий С.О. *Oscillatoria salina* Biswas – новий вид для флори України / С.О. Яровий, А.М. Солоненко, І.Ю. Костіков // Чорноморський ботанічний журнал. – 2007 – Т. 3, № 2. – P. 119-123.
312. Белова М.А. Скорости разложения макрофитов озер в природных условиях / М.А. Белова // Гидробиологический журнал. – 1987. – Т.23, №3. – С. 3-9.
313. Бикбулатов Э.С. Химический состав органического вещества фитопланктона / Э.С. Бикбулатов // Микробиологические и химические процессы деструкции органического вещества в водоемах. – Л.: Наука, 1979. – С. 151-157.
314. Бикбулатов Э.С. Скорость распада органического вещества отмершего фитопланктона / Э.С. Бикбулатов, Е.М. Бикбулатова // Микробиологические и химические процессы деструкции органического вещества в водоемах. – Л.: Наука, 1979. – С. 213-224.
315. Намсараев З.Б. Микробное сообщество щелочных гидротерм / З.Б. Намсараев, В.М. Горленко, Б.Б. Намсараев, Д.Д. Бархутова. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2006. – 160 с.
316. Черняковская Т.Ф. Модельная деструкция цианобактерий и тканей высших растений гидролитическим комплексом микроорганизмов / Т.Ф. Черняковская // Ярославский педагогический вестник. – 2010. – № 2. – С. 106-109.
317. Геодекян А.А. Исследование эволюции рассеянного органического



- вещества как основа сравнительной оценки перспектив нефтегазоносности акватории / А.А. Геодекян, Н.В. Лопатин, Е.А. Романкевич, В.Я. Троцюк // Органическое вещество современных и ископаемых осадков. – М.: Наука, 1985. – С. 7-20.
318. Заславский Е.М. Детритное органическое вещество в морских осадках / Е.М. Заславский // Условия среды и биопродуктивность моря. – М.: Пищевая промышленность. – 1982. – С. 34-44.
319. Бикбулатова Е.М. Влияние температуры на распад органического вещества синезеленых водорослей / Е.М. Бикбулатова, Э.С. Бикбулатов, Н.И. Мельникова // Микробиологические и химические процессы деструкции органического вещества в водоемах. – Л.: Наука, 1979. – С. 204-211.
320. Хахинов В.В. Гидрохимия экстремальных водных систем с основами гидробиологии: учеб. пособие / В.В. Хахинов, Б.Б. Намсараев, Е.Ю. Абидуева, Э.В. Данилова. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2007. – 148 с.
321. Севостьянов К.М. Происхождение нефти и газа в промышленных масштабах в земной коре / К.М. Севостьянов. – М.: Советский спорт, 1999. – 92 с.
322. Никаноров А.М. Справочник по гидрохимии / А.М. Никаноров. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 391 с.
323. Зверев В.П. Гидрогеохимия осадочного процесса / В.П. Зверев. – М.: Наука, 1993. – 193 с.
324. Larsen H. Biochemical aspects of extreme halophilism / H. Larsen // Advances in Microbial Physiology. – 1967. – №1. – P. 97-132 p.
325. Wetzel R.G. Excretion of dissolved organic compounds by aquatic macrophytes / R.G. Wetzel // BioScience. – 1969. – №19. – P. 539-540.
326. Добрынин Э.Г. Характеристика круговорота органического вещества в гипергалинных водоемах Крыма / Э.Г. Добрынин // Микробиологические и химические процессы деструкции органического вещества в водоемах. – Л.: Наука, 1979. – С. 60-74.



327. Бабасанова О.Б. Аэробные органотрофные бактерии щелочных гидротерм Байкальского региона: автореферат дис. на соискание учёной степени канд. биол. наук: спец. 03.00.16 «Экология» / О.Б. Бабасанова. – Улан-Удэ, 2007. – 21 с.
328. Думова В.А. Ассоциация бактерий, утилизирующих целлюлозу / В.А. Думова, Ю.В. Круглов // Микробиология. – 2009. – Т. 78, №2. – С. 268-274.
329. Дзюбан А.Н. Деструкция органического вещества и цикл метана в донных отложениях внутренних водоемов: автореферат дис. на соискание учёной степени канд. биол. наук: спец. 03.00.16 «Экология» / А. Н. Дзюбан. – Санкт-Петербург, 2007. – 49 с.
330. Сопрунова О.Б. Консорциумы цианобактерий и микроорганизмов – перспективные агенты очистки нефтезагрязненных почв / О.Б. Сопрунова // Вестник Российского университета дружбы народов. – 2005. – №2. – С. 92-95.
331. Андреева Н.М. Биогеохимическая характеристика органического вещества поверхностно-активного слоя донных осадков Каспийского и Японского морей / Н.М. Андреева, А.И. Агатова // Условия среды и биопродуктивность моря. – М.: Пищевая промышленность, 1982. – С. 25-34.
332. Баженова О.К. Роль исходного органического вещества в формировании нефтематеринского потенциала кремнистых образований / О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин // Органическое вещество современных и ископаемых осадков. – М.: Наука, – 1985. – С. 31-38.
333. Барс Е.А. Водорастворимые органические вещества глин баженовской свиты как критерии миграции нефти на Салымском месторождении / Е.А.Барс, Л.И. Селезнева // Проблемы нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири. – М.: ИГиРГИ, 1986. - С. 46-52.
334. Слободкин А.И. Диссимиляционное восстановление неорганических акцепторов электронов термофильными анаэробными прокариотами / А.И. Слободкин, Д.Г. Заварзина, Т.Г. Соколова, Е.А. Бонч-Осмоловская //



Микробиология. – 1999. – Т. 68, № 5. – С. 600-622.

335. Бикбулатова Е.М. Изменение химического состава воды и взвесей при распаде органического вещества фитопланктона в анаэробных условиях / Е.М. Бикбулатова, Б.А. Скопинцев, Э.С. Бикбулатов // Микробиологические и химические процессы деструкции органического вещества в водоемах. – Л.: Наука, 1979. – С. 187-203.

336. Горленко В.М. Формирование микробных матов в горячих источниках и активность продукционных и деструкционных процессов / В.М. Горленко, Е.А. Бонч-Осмоловская // Кальдерные микроорганизмы. – М: Наука, 1989. – С. 45-47.

337. Herter S. Autotrophic CO₂ fixation by *Chloroflexus aurantiacus*: study of glyoxylate formation and assimilation via the 3-hydroxypropionate cycle / S. Herter, J. Farfsing, Gadon N. and others // Journal of Bacteriology. – 2001. – Vol. 183, №14. – P. 4305-4316.

338. Царфис П.Г. Лечебные грязи и другие природные теплоносители / П.Г. Царфис, В.Б. Киселев. – М.: Высшая школа, 1990. – 127 с.

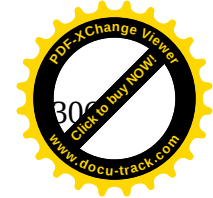
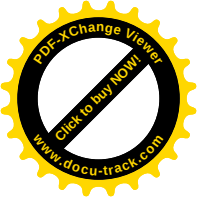
339. Solonenko A.N. Some peculiarities of the destruction of *Cladophora siwaschensis* C. Meyer (Chlorophyta) organic matter in brine / A.N. Solonenko // International Journal on Algae. – 2014 – Vol. 16, №3. – P. 256-262.

340. Солоненко А.М. Бактерії-деструктори мортмаси *Cladophora siwaschensis* у рапі амфібіальних ділянок Арабатської стрілки та Бердянської коси / А.М. Солоненко // Мікробіологія і біотехнологія. – 2011. – Т. 14, №2. – С. 92-96.

341. Doemel W.N. Structure, growth, and decomposition of laminated algal-bacterial mats in alkaline hot springs / W.N. Doemel, T.D. Brock // Applied Environmental Microbiology. – 1977. – Vol. 4, №34. – P. 433-452.

342. Судьина Е.Г. Биохимические исследования в таксономии водорослей / Е. Г. Судьина // Альгология. – 1991. – Т. 1, № 3. – С. 3-15.

343. Polyansky G. Zur Frage über die Struktur der Cyanophyceenzelle / G. Polyansky, G. Petruschewsky // Archive für Protistenkunde. – 1929. – №67. –



S. 13-45.

344. Кизеветтер И.В. Клетчатка морских водорослей и трав / И.В. Кизеветтер // Вестник Дальневосточного филиала АН КазССР. – 1936. – №8. – С. 74-75.

345. Кизеветтер И.В. Морские водоросли ДВК, их химический состав и использованию / И.В. Кизеветтер // Вестник Дальневосточного филиала АН КазССР. – 1938. – Vol. 4, №31. – С. 49–109.

346. Солоненко А.Н. Микробиологический анализ пелоидов амфибиальных водоёмов Бердянской косы и Арабатской стрелки / А.Н. Солоненко, И.А. Мальцева, В.А. Хромышев // Доповіді національної академії наук України. – 2015. – №5. – С. 154-157.

347. Солоненко А.М. Фізико-хімічні особливості пелоїдів амфібіальних ділянок Арабатської стрілки та Бердянської коси / А.М.Солоненко // Доповіді національної академії наук України. – 2012. – №1. – С. 171-173.

348. Горовая А.И. Гуминовые вещества. / А.И. Горовая, Д.С. Орлов, О.В. Щербенко. – К.: Наукова думка, 1995. – 304 с.

349. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. – М.: МГУ, 1990. – 325 с.

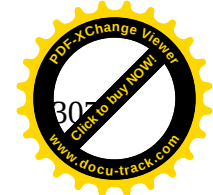
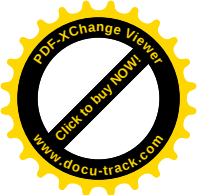
350. Орлова Д.С. Гуминовые вещества в биосфере / Д.С. Орлов. – М.: Наука, 1993. – 238 с.

351. Солоненко А.Н. Характеристика гуминовых веществ в пелоидах засоленных амфибиальных участков Азово-Черноморского бассейна / А.Н. Солоненко // Ґрунтознавство. – 2011. – Т. 12. – №№1-2. – С. 92-94.

352. Солоненко А.Н. Состав органических веществ и ферментативная активность пелоидов гипергалийных водоём северо-западного побережья Азовского моря (Украина) / А.Н. Солоненко // Гидробиологический журнал. – Т. 51. – №4 (304). – 2015. – С. 24-30.

353. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев. – М.: Издательство МГУ, 1992. – 302 с.

354. Сиренко Л.А. Биологически активные вещества водорослей и качество



воды / Л.А. Сиренко, В.Н. Козицкая. – К.: Наукова думка, 1988. – 256 с.

355. Царенко В.М. Внеклеточные органические кислоты и их связь с функциональной активностью синезеленых водорослей: автореф. дис. на соискание учёной степени канд. биол. наук: спец. 03.00.18 «Гидробиология» / В.М. Царенко. – К., 1983. – 26 с.

356. Сущик Н.Н. Влияние температуры на состав внутри- и внеклеточных жирных кислот зеленых водорослей и цианобактерий / Н.Н. Сущик, Г.С. Калачева, Н.О. Жила и др. // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 3. – С. 420-427.

357. Pandey D.C. Free aminoacid composition of *Anabaena naviculoides* Fritsch at heterocystous and non-heterocystous stages / D.C. Pandey, A.K. Mitra // Naturwissenschaften. – 1964. – Vol. 51, №10. – P. 248-249.

358. Сиренко Л.А. «Цветение» воды и евтрофирование (методы его ограничения и использования сестона) / Л.Л. Сиренко, М.Я. Гавриленко – К.: Наукова думка, 1976. – 232 с.

359. Тупик Н.Д. Біохімічна характеристика *Spirulina platensis* (Gom.) Geitl. Водорозчинні вітаміни групи В / Н.Д. Тупик, С.І. Лось // Український ботанічний журнал. – 1975. – Т. 32, № 1. – С. 39-41.

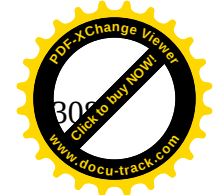
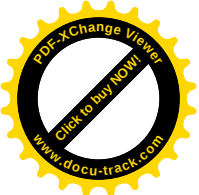
360. Дембицкий В.М. Дикарбоновые и жирные кислоты цианобактерий рода *Aphanizomenon* / В.М. Дембицкий, И.В. Шкроб, И.В. Гоу // Биохимия. – 2001. – Т. 66, Вып. 1. – С. 92-97.

361. Ржанова Г.Я. Аминокислотный состав синезеленой водоросли *Phormidium uncinatum* (Ag.) Gom. / Г.Я. Ржанова, С.В. Горюнова // Микробиология. – 1965. – Т. 34, № 2. – С. 268-272.

362. Судына Е.Г. Биохимия синезеленых водорослей / Е.Г. Судына, Е.И. Шнюкова, Н.В. Костлан и др. – К: Наукова думка, 1978. – 262 с.

363. Fowden L.A comparison of the compositions of some algal proteins / L. Fowden // Annals of Botany. – 1954. – №71. – P. 257-266.

364. Margaris N. Free aminoacids of somealgae / N. Margaris, K. Mitrakos // Rapp. Etproc.-Verb, Reum. Commis. Int. Explor. Sci. Mer. Mediterr. Monaco. –



1973. – Vol. 22, №3. – P. 13-14.

365. Lewis E.J. Studies on the proteins, peptides and free amino acid contents in some species of marine algae from southeastern coast of India / E.J. Lewis // *Revue algologique* – 1963. – Vol. 7, №1. – P. 15-25.

366. Несветова Г.Я. Аминокислотный состав растворенного органического вещества в водах Баренцева моря / Г.Я. Несветова // *Бентос Баренцева моря. Распределение, экология и структура популяций*. – 1984. – С. 131-137.

367. Налетова И.А. Аминокислоты, растворенные в морской воде, как один из показателей физиологического состояния экосистемы / И.А. Налетова, Е.В. Владимирская // *Океанология*. – 1977. – Т.17, №6. – С. 1010-1015.

368. Hardy J.T. The sea surface microlayer: biology, chemistry and anthropogenic enrichment / J.T. Hardy // *Progress in Oceanography*. – 1982. – Vol. 11, №4. – P. 307-328.

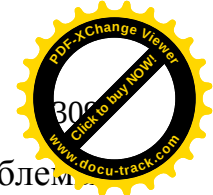
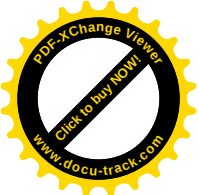
369. Калашникова О.М. Определение аминокислотного состава микробных матов водных экосистем байкальского региона с помощью тонкослойной хроматографии / О.М. Калашникова, Е.Н. Шаповалова, Д.Д. Бархутова и др. // *Вестник Московского университета*. – 2004. – Т. 45, № 6. – С. 393-398.

370. Ranson G. Observations sur l'agent essentiel de la dissolution du calcaire dans les regions exondees des lies coralliennes de l'Archipel des Fuamotu Conclusions sur le processus de la dissolution du calcaire / G. Ranson // *C. r. Acad. sci.* – 1955. – Vol. 24, №9. – P. 1007-1009.

371. Kelly G. The capture of carbon by aquatic plants / G. Kelly // *Trends in Biochemical Sciences*. – 1984. – Vol. 9, №6. – P. 255-256.

372. Solonenko A.N. Amino acid content of benthic macroscopic growths of algae and sediments in hypersaline water bodies / A.N. Solonenko, V.A. Khromyshev, E.I. Maltsev, A.G. Bren // *International Journal on Algae*. – 2014. – Vol. 16, №4. – P. 392-400.

373. Солоненко А.Н. Аминокислотный состав макроскопических разрастаний водорослей мокрых солончаков Северо-Западного Приазовья / А.Н. Солоненко, В.А. Хромышев, С.А. Яровой // *Материалы Всероссийского*



симпозиума с международным участием. Современные проблемы физиологии, экологии и биотехнологии микроорганизмов, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (24-27 декабря 2009 г.) – 2009. – С. 173.

374. Барашков Г.К. Сравнительная биохимия водорослей / Г.К. Барашков. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 336 с.

375. Судьина Е.Г. Основы эволюционной биохимии растений / Е.Г. Судьина, Г.Я. Лозовая. – К.: Наукова думка, 1982. – 358 с.

376. Billmire E. The secretion of lipids by the freshwater phytoflagellate *Ochromonas danica* / E. Billmire, S. Aaronson // Limnology and Oceanography. – 1976. – Vol. 21, №1. – P. 138-140.

377. Маслова И.П. Жирнокислотный состав липидов и термофильность цианобактерий / И.П. Маслова, Е.А. Мурадян, С.С. Лапина и др. // Физиология растений. – 2004. – № 3. – С. 396-403.

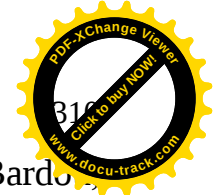
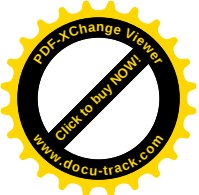
378. Kamenarska Z. Chemical composition and biological activity of the brackish-water green alga *Cladophora rivularis* (L.) Hoek / Z. Kamenarska, K. Stefanov, S. Dimitrova-Konaklieva and others // Botanica Marina. – 2004. – Vol. 47, №4. – P. 215-221.

379. Stefanov K. Lipid composition of two *Lyngbya* species from the Black Sea / K. Stefanov, K. Seizova, St. Dimitrova-Konaklieva, S. Popov // Докл. Българ. АН. – 1996. – Vol. 49, №4. – P. 45-47.

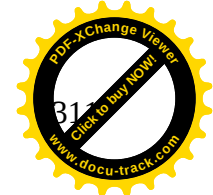
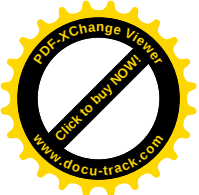
380. Скороход Т.Ф. Зависимость липидного состава *Spirulina platensis* (Gomont) Geitl. (Cyanophyta) от способа энергетического существования культуры. От фотоавтотрофии к хемогетеротрофии / Скороход Т.Ф., Н.Д. Тупик, В.Ф. Черня // Альгология. – 1996. – Т. 6, №3. – С. 235-241.

381. Клячко-Гурвич Г.Л. Действие субоптимальной температуры на липидный состав и состояние мембран *Dunaliella salina* / Г.Л. Клячко-Гурвич, Н.А. Пронина, С.В. Фурнаджиева и др. // Физиология растений. – 1997. – Т.44, №2. – С.212-221.

382. Tropis M. Composition and phase behaviour of polar lipids isolated from



- Spirulina maxima cells grown in a perdeuterated medium / M. Tropis, F. Bardot, B. Bersch and others // Biochimica et biophysica acta. Biomembranes. – 1996. – Vol. 1284, №2. – P.196-202.
383. Selstam E. Membrane lipid composition of the unusual cyanobacterium *Gloeobacter violaceus* sp. PCC 7421, which lacks sulfoquinovosyl diacylglycerol / E.Selstam, D. Campbell // Archives of Microbiology. – 1996. – Vol. 166, №2. – P. 132-135.
384. Zhou H. Действие температуры на рост, содержание общих липидов и состав жирных кислот микроводорослей *Nitzschia clostorium*, *Nitzschia paleacea* и *Pavlova* sp. / H. Zhou, S.M. Renaud, D.L. Parry and others // Shuichan xuebao. – 1996. – Vol. 20, №3. – P. 235-240.
385. Terrados J. Fatty acid composition and chilling resistance in the green alga *Caulerpa prolifera* (Forrskal) Lamouroux (Chlorophyta, Caulerpales) / J. Terrados, J.A. Lopez-Jimenez // International Journal of Biochemistry and Molecular Biology. – 1996. – Vol. 39, №5. – P. 863-869.
386. Бычек И.А. Изменения липидного и жирнокислотного состава цианобактерии *Nostoc commune* при высыхании / И.А. Бычек, Е.А. Бычек // Физиология растений. – 1997. – Т. 44, №3. – С. 347-351.
387. Leveille J.-C. Fatty acids as specific algal markers in a natural lacustrian phytoplankton / J.-C. Leveille, C. Amblard, G. Bourdier // Journal of Plankton Research. – 1997. – Vol. 19, №4. – P. 469-490.
388. Fujii S. Occurrence of jasmonic acid and its physiological role in *Dunaliella* / S. Fujii, R. Yamamoto, K. Miyamoto and others // Plant and Cell Physiology. – 1997. – №38. – P. 119.
389. Gombos Z. The role of lipid desaturation in protection mechanism against temperature stresses / Z. Gombos, E. Hideg, O. Zsiros and others // Acta Phytopathologica et entomologica Hungarica. – 1995. – Vol. 30, №1-2. – P.89-92.
390. Makewicz A. Lipids of *Ectocarpus fasciculatus* (Phaeophyceae). Incorporation of [14 C]oleate and the role of TAG and MGDG in lipid metabolism / A. Makewicz, C. Gribo, W. Eichenberger // Plant and Cell



Physiology. – 1997. – Vol. 38, №8. – P. 952-960.

391. Stefanov K. Lipid composition of the red algae *Chondria tenuissima* (Good et Wood.) Ag., inhabiting waters with different salinities / K. Stefanov, I. Seizova, L. Elenkov and others // *Botanica Marina*. – 1994. – Vol. 37, №5. – P. 445-448.

392. Wainman B.C. Can physicochemical factors predict lipid content in phytoplankton / B.C. Wainman, R.E.H. Smith // *Freshwater Biology*. – 1997. – Vol. 38, №3. – P. 571-579.

393. Жукова Н.В. Жирнокислотный состав как показатель физиологического состояния диатомовой водоросли *Pseudonitzschia pungens* в природной среде и в культуре / Н.В. Жукова, Т.Ю. Орлова, Н.А. Айздайчер // *Биология моря*. – 1998. – Т. 24, №1. – С. 44-48.

394. Hofmann M. Lipid and fatty acid composition of the marine brown alga *Dictyopteris membranacea* / M. Hofmann, W. Eichenberger // *Plant and Cell Physiology*. – 1997. – Vol. 38, №9. – P. 1046-1052.

395. Patterson G.M.L. Bioactive natural products from blue-green algae / G.M.L. Patterson // *Journal of Applied Phycology*. – 1994. – Vol. 6, №2. – P. 151-157.

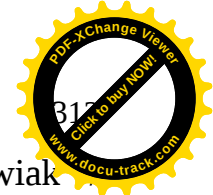
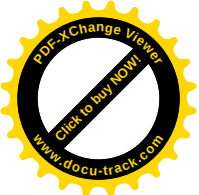
396. Gerwick W.H. Bioactive oxylipins from seaweeds / W.H. Gerwick, P. Proteau, D.G. Nagle et al. // *Hydrobiologia*. – №261. – P. 653-665.

397. Плеханов С.Е. Накопление жирных кислот в культуральной среде водорослей *Scenedesmus quadricauda* при действии фенолов / С.Е. Плеханов // *Известия РАН*. – 1998. – №2. – P. 277-282.

398. Dachs J. Evidence for cyanobacterial inputs and heterotrophic alteration of lipids in sinking particles in the Alboran Sea (SW Mediterranean)/ J. Dachs, J.M. Bayona, S.W. Fowler and others// *Marine Chemistry*. – 1998. – Vol. 60, №3-4. – P. 189-201.

399. Liu Q. Lipid class and carbohydrate concentrations in marine colloids / Q. Liu, C.C. Parrish, R. Helleur // *Marine Chemistry*. – 1998. – Т. 60, №3-4. – P.177-188.

400. Ramavat B.K. Fatty acid content in seaweeds from the Baltic Sea and the



Indian Ocean / B.K. Ramavat, K. Pazdro, A. Kosakowska, J. Pempkowiak

Oceanologia. – 1997. – Vol. 39, №3. – P. 279-287.

401. Cheung P.C.K. Comparison of supercritical carbon dioxide and soxhlet extration of lipids from a brown seaweed, *Sargassum hemiphyllum* (Turn.) C. Ag. / P.C.K. Cheung, A.Y.H. Leung, P.O. Ang // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1998. – Vol. 46, №10. – P. 4228-4232.

402. Шнюкова Е.И. Оригинальное заглавие: Продуктивность и биохимический состав микроводорослей рода *Spirulina* Turp. (Cyanophyta) / Е.И. Шнюкова, П.А. Мушак, Н.Д. Тупик // Альгология. – 1994. – Т. 4, №4. – С. 17-24.

403. Akimoto M. Carbon dioxide fixation and polyunsaturated fatty acid production by the red alga *Porphyridium cruentum* / M. Akimoto, A. Shirai, K.Ohtaguchi, K. Koide // Applied Biochemistry and Biotechnology – 1998. – Vol. 73, №2-3. – P. 269-278.

404. Fauconnot L. Sulfoxidation of 13-thiaoleic acid by a desaturase-active alga/ L. Fauconnot, C. Nugier-Chauvin, N. Noiret and others// Phytochemistry. – 1998. – Vol. 47, №8. – P. 1465-1471.

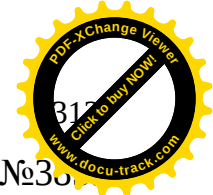
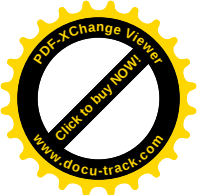
405. Wahidulla S. Lipid constituents of the red alga *Acantophora spicifera* / S. Wahidulla, L. D'Souza, M. Govenker // Phytochemistry. – 1998. – Vol. 48, №7. – P. 1203-1206.

406. Barnathan G. Methoxy fatty acids isolated from the red alga, *Schizymenia dubyi* / G. Barnathan, N. Bourgougnon, J.-M. Kornprobst / Phytochemistry. – 1998. – Vol. 47, №5. – P. 761-765.

407. Xu X.-Q. Fatty acids of six *Codium* species from southeast Australia / X.-Q. Xu, V. H. Tran, G. Kraft, J. Beardall // Phytochemistry. – 1998. – Vol. 48, №8. – P.1335-1339.

408. Gambacorta A. Heterocyst glycolipids from nitrogen-fixing cyanobacteria other than Nostocaceae / A. Gambacorta, E. Pagnotta, I. Romano and others// Phytochemistry. – 1998. – Vol. 48, №5. – P. 801-805.

409. El-Naggar M.E.E. A comparative study of the fatty acids in some marine



algae from Saudi Arabia / M.E.E. El-Naggar // Microbios. – 1998. – T. 96, №30 – P. 177-187.

410. Lopez J.F. Chemical characterization and subcellular localization of the lipids of *Aphanothece halophytica* from hypersaline environments / J.F. Lopez, M. Hernandez-Marine, C. Lopez-Iglesias and others// Bulletin de l'Institut Oceanographique de Monaco. – 1999. – №19. – P.571-578.

411. El Maghraby D.M. Lipid content and fatty acid composition of Mediterranean macro-algae as dynamic factors for biodiesel production / D.M. El Maghraby, E.M. Fakhry // Oceanologia. – 2015. – Vol. 57, №1. – P. 86-92.

412. Bigogno C. Lipid and fatty acid composition of the green oleaginous alga *Parietochloris incisa*, the richest plant source of arachidonic acid / C. Bigogno, I. Khozin-Goldberg, S. Boussiba // Phytochemistry. – 2002. – Vol. 60. – P. 497-503.

413. Allakhverdiev S.I. The involvement of fatty acid unsaturation of membrane lipids in salt tolerance of *Synechocystis* / S.I. Allakhverdiev, N. Murata // Plant and Cell Physiology. – 1998. – №39. – P. 36.

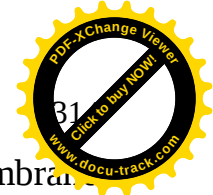
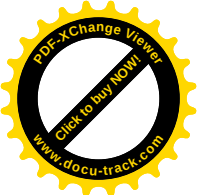
414. Jayasankar R. Fatty acid profiles of marine red alga *Gracilaria* spp (Rhodophyta, Gigartinales) / R. Jayasankar, G. Kulandaivelu // Indian Journal of Geo-Marine Sciences. – 1999. – Vol. 28, №1. – P. 74-76.

415. Мензянова Н. Г. Сезонные изменения интенсивности роста и биохимического состава *Dunaliella viridis* Teod. (Chlorophyta) / Н.Г.Мензянова // Альгология. – 1999. – Т. 9, №2. – С.86-87.

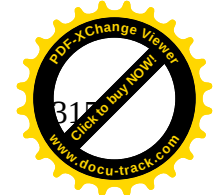
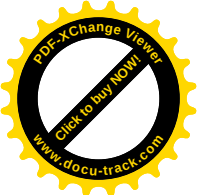
416. Jayasankar R. Seasonal variation in the biochemical constituents of *Gracilaria* spp. with reference to growth / R. Jayasankar, G. Kulandaivelu // Indian Journal of Geo-Marine Sciences. – 1999. – Vol. 28, №4. – P. 464-466.

417. De Philippis R. Whole cell fatty acid profile as a tool for clustering *Cyanothece* strains of saline environments into sub-groups / R. De Philippis, M.C.Margheri, A. Bastianini, M. Vincenzini // Bulletin de l'Institut Oceanographique de Monaco. – 1999. – Vol. 19. – P. 39-45.

418. Allakhverdiev S. Increase in tolerance of the photosynthetic machinery to



- salt stress by genetic enhancement of unsaturation of fatty acids in membrane lipids in *Synechococcus* / S. Allakhverdiev, I. Suzuki, Y. Nishiyama and others // Plant and Cell Physiology. – 1999. – №40. – P.121.
419. Renaud S.M. The gross chemical composition and fatty acid composition of 18 species of tropical Australian microalgae for possible use in mariculture / S.M. Renaud, L.-V. Thinh, D.L. Parry // Aquaculture. – 1999. – Vol. 170, №2. – P. 147-159.
420. Фомишина Р.Н. Биохимическая характеристика штаммов *Nostoc linckia* (Roth) Born. et Flach. (Cyanophyta) из «Эволюционного Каньона» (Северный Израиль) / Р.Н. Фомишина, Н.Ф. Скороход, А.А. Сиваш // Альгология. – 1999. – Т. 9, №2. – С.146.
421. Михайленко Н.Ф. Полярные липиды Cyanophyta при изменении условий углеродного питания / Н.Ф. Михайленко, Е.К. Золотарева, В.Т. Пендальчук // Альгология. – 1999. – Т. 9, №2. – С. 91-92.
422. Ahlgren G. Phosphorus limitation effects on the fatty acid content and nutritional quality of a green alga and a diatom / G. Ahlgren, K. Zeipel, I.B. Gustafsson // Hydrobiologia. – 1998. – Vol. 26, №4. – P. 1659-1664.
423. Yamamoto Y. Effect of environmental conditions on the composition of lipids and fatty acids in *Chlamydomonas* isolated from an acidic lake / Y. Yamamoto, H. Tatsuzawa, M. Wada // Annals of Emergency Medicine. – 1998. – Vol. 26, №4. – P. 1788-1790.
424. Akakabe Y. α -Oxidation of long-chain unsaturated fatty acids in the marine green alga *Ulva pertusa* / Y. Akakabe, K. Matsui, T. Kajiwara // Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. – 2000. – Vol. 64, №12. – P. 2680-2681.
425. Kiseleva L.L. Temperature-induced specific lipid desaturation in the thermophilic cyanobacterium *Synechococcus vulcanus* / L.L. Kiseleva, I. Horvath, L. Vigh, D.A. Los // FEMS Microbiology Letters. – 1999. – Vol. 175, №2. – P. 179-183.
426. Калачева Г.С. Липиды зеленой водоросли *Botryococcus* в ходе стадийного развития в периодической культуре / Г.С. Калачева, Н.О. Жила,



Т.Г. Волова // Микробиология. – 2001. – Т. 70, №3. – С.305-312.

427. Son B.W. A new diacylgalactolipid containing 4Z-16:1 from the marine cyanobacterium *Oscillatoria* sp. / B.W. Son, J.C. Kim, H.D. Choi // Lipids. – 2001. – Vol. 36, №4. – P. 427-429.

428. Kamenarska Z. Lipid composition of *Polysiphonia denudata* (Dillw.) Kutz from the Black Sea / Z. Kamenarska, K. Stefanov, Dimitrova-Konaklieva S., S. Popov // Докл. БЪЛГ. АН. – 2001. – Vol. 54, №7. – P. 29-32.

429. Tasende M.G. Fatty acid and sterol composition of gametophytes and sporophytes of *Chondrus crispus* (Gigarinaceae, Rhodophyta) / M.G. Tasende // Scientia Marina. – 2000. – Vol. 64, №4. – P.421-426.

430. Khotimchenko S. Lipid composition and antioxidative effectivity of different *Spirogyra species* / S. Khotimchenko, A. Toneva, E. Marinova and others // Докл. БЪЛГ. АН. – 2002. – Vol. 55, №2. – P.47-50.

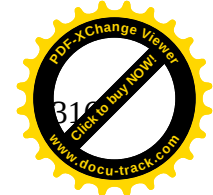
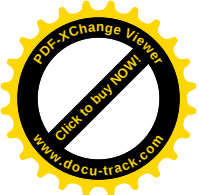
431. Best J.H. Cyanobacterial LPS: Wide occurrence and wide significance of a group of neglected toxins/ J.H. Best, S. Pflugmacher, C.Weigand and others // 10th Int. Symp. Phototroph. Prokaryotes, Barcelona, Aug. 26-31. – 2000. – P.118.

432. Хотимченко С.В. Состав жирных кислот морских водорослей из разных по освещенности мест обитания / С.В. Хотимченко // Биология моря. – 2002. –Т. 28, №3. – С. 232-234.

433. Zarnowski R. Fatty acid profiling: Its usefulness in the evaluation of microbial associations with the green microalga *Apatococcus constipates* / R. Zarnowski // Cell and Molecular Biology Letters. – 2002. – Vol. 7, №1. – P. 61-67.

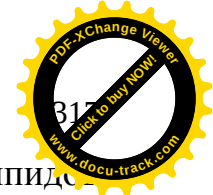
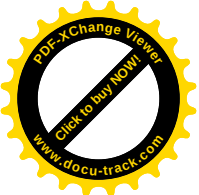
434. Szalontai B. Membrane dynamics as seen by Fourier transform infrared spectroscopy in a cyanobacterium, *Synechocystis* PCC 6803. The effects of lipid unsaturation and the protein-to-lipid ratio / B. Szalontai, Y. Nishiyama, Z. Gombos, N. Murata // Biochimica et Biophysica Acta. – 2000. – Vol. 1509, №№1-2. – P.409-419.

435. Wen Z.-Y. Production potential of eicosapentaenoic acid by the diatom *Nitzschia laevis* / Z.-Y. Wen, F. Chen // Biotechnology Letters. – 2000. – Т. 22,

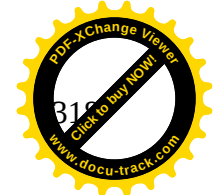
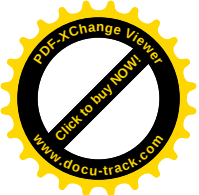


№9. – P. 727-733.

436. Tuckey D.M. Inherent and growth stage-related differences in growth and lipid and sterol composition of algal species sensitive and tolerant to sterol-inhibiting fungicides / D.M. Tuckey, D.M. Orcutt, P.L. Hipkins // *Environmental Toxicology and Chemistry*. – 2002. – T. 21, №8. – P. 1715-1723.
437. Bankova V. Secondary metabolites and lipids in *Chara globularis* Thuill. / V. Bankova, K. Stefanov, St. Dimitrova-Konaklieva and others // *Hydrobiologia*. – 2001. – Vol. 457, №1-3. – P. 199-203.
438. Cohen Z. The role of triacylglycerol as a reservoir of polyunsaturated fatty acids for the rapid production of chloroplastic lipids in certain microalgae / Z. Cohen, I. Khozin-Goldberg, D. Adlerstein, C. Bigogno // *Biochemical Society Transactions*. – 2000. – T. 28, №6. – P. 740-743.
439. Singh Suresh C. Role of lipids and fatty acids in stress tolerance in cyanobacteria / C. Singh Suresh, P. Sinha Rajeshwar, D.-P. Hader // *Acta protozoologica*. – 2002. – T. 41, №4. – P. 297-308.
440. Zhang J. Effects of three inhibitors on the growth and fatty acids composition of *Nannochloropsis oculata* // *Journal of Ocean University of Qingdao*. – 2002. – T. 32, №2. – P. 266-272.
441. Azachi M. Salt induction of fatty acid elongase and membrane lipid modifications in the extremem halotolerant alga *Dunaliella salina* / M. Azachi, A. Sadka, M. Fisher and others // *Plant Physiology*. – 2002. – Vol. 129, №3. – P. 1320-1329.
442. Bashan L.E. de- Increased pigment and lipid content, lipid variety, and cell and population size of the microalgae *Chlorella* spp. when co-immobilized in alginate beads with the microalgae-growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense* / E.L. de-Bashan, Y. Bashan, M. Moreno and others // *Canadian Journal of Microbiology*. – 2002. – Vol. 48, №6. – P. 514-521.
443. Nechev J. Lipid changes in the freshwater macroalga *Cladophora glomerata* (L.) Kutz. (Chlorophyta) after lead treatment / J. Nechev, A. Ivanova, S.Khotimchenko and others // *Докл. БЪЛГ. АН*. – 2003. – Vol. 56, №4. – P. 71-76.



444. Хотимченко С.В. Особенности состава жирных кислот гликолипидов морских макрофитов / С.В. Хотимченко // Биология моря. – 2003. – Т.29, №2. – С.144-146.
445. Котлова Е.Р. Участие мембранных липидов в адаптации *Cladophora* (*Chlorophyta*) к обитанию в мелководных озерах с различной соленостью / Е.Р. Котлова, Н.В. Шадрин // Ботанический журнал. – 2003. – Т.88, №5. – С.38-45.
446. Сущик Н.Н. Изучение закономерностей прижизненного выделения свободных жирных кислот микроводорослями и оценка состояния водных экосистем по составу внеклеточных липидов / Н.Н. Сущик // Конкурс молодых ученых Сибирского отделения Российской Академии наук 1997-1998 гг. Биологические науки. – 2001. – С.77-78.
447. Mouget J.L. Variations journalieres dela composition biochimique du phytoplancton: Comparaison entre diatomees (*Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, *Hasleaostrearia* (Bory) Simonsen) et Chlorococcales (*Scenedesmus ecornis* var. *bicellularis* (Ehrenberg) Chodat) / J.L. Mouget, S. Lefebvre, V. Rouillard // Algology. – 2003. – Т.24, №2. – P. 177-178.
448. Жукова Н.В. Биохимический подход к оценке разнообразия симбиотических динофлагеллят / Н.В. Жукова // Биология моря. – 2003. – Т. 29, №5. – С. 363-367.
449. Мурадян Е.А. Изменение обмена липидов при адаптации фотосинтетического аппарата *Dunaliella salina* к высокой концентрации CO₂ / Е.А. Мурадян, Г.Л. Клячко-Гурвич, Л.Н. Цоглин // Физиология растений – 2004. – Т. 51, №1. – С. 62-72.
450. Mabrouk S.S. Polyunsaturated fatty acids of green and brown algae from the Egyptian Mediterranean coast / S.S. Mabrouk, A.M. Hashem, N.M.A. El-Shayeb // Advance Journal of Food Science and Technology. – 2001. – Vol. 23, №1. – P. 20-24.
451. Гончарова С.Н. Влияние сезонных изменений температуры на липидный состав морских макрофитов / С.Н. Гончарова, Э.Я. Костецкий,



Н.М. Санина // Физиология растений. – 2004. – Т. 51, №2. – С. 190-196.

452. Рудик В.Ф. Продуктивность и биохимический состав *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitl. GALU-835 при культивировании в присутствии координационных соединений Zn (II) / В.Ф. Рудик, В.П. Бульмага, Т.В. Кирияк, Л.Ф. Чапурина // Альгология. – 2003. – Т. 13, №3. – С. 322-330.

453. De Padua M. Chemical composition of *Ulvaria oxysperma* (Kutzing) Bliding, *Ulva lactuca* (Linnaeus) and *Ulva fasciata* (Delile) / M. De Padua, F. Growoski, S. Paulo, A. L. Mathias // Braz. Arch. Biol. and Technol. – 2004. – Vol. 47, №1. – P.49-55.

454. Божков А.И. Липидно-каротиноидный обмен в клетках *Dunaliella* Teod. при различных условиях культивирования / А.И. Божков, В.П. Комаристая // Альгология. – 2003. – Т. 13, №2. – С.137-147.

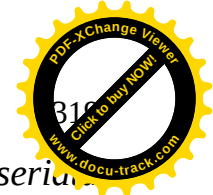
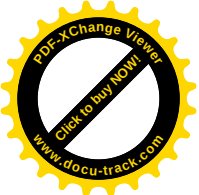
455. Волова Т.Г. Оригинальное заглавие: Специфика состава липидов двух представителей *Botryococcus*, синтезирующих жидкие углеводороды / Т.Г. Волова, Г.С. Калачева, Н.О. Жила // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, №5. – С. 703-709.

456. Khotimchenko S.V. Effect of solar irradiance on lipids of the green alga *Ulva fenestrata* Postels et Ruprecht / S.V. Khotimchenko, I.M. Yakovleva // Botanica Marina. –2004. – Vol. 47, №5. – P. 395-401.

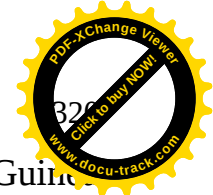
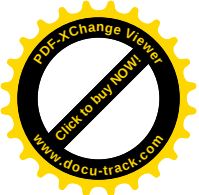
457. Renaud S.M. Effect of temperature on growth, chemical composition and fatty acid composition of tropical Australian microalgae grown in batch cultures / M.S. Renaud, L.-V. Thinh, L. George, P.L. David // Aquaculture. – 2002. – Т. 211, №1-4. – P. 195-214.

458. Krishnan J.A modeling framework describing the enzyme regulation of membrane lipids underlying gradient perception in *Dictyostelium* cells / J. Krishnan, P.A. Iglesias // Journal of Theoretical Biology. – 2004. – Vol. 229, №1. – P.85-99.

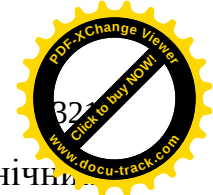
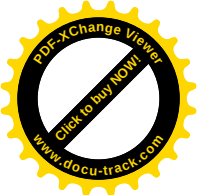
459. Жила Н.О. Влияние дефицита азота на рост и состав липидов зеленой водоросли *Botryococcus braunii* Kutz IPPAS H-252 / Н.О. Жила, Г.С. Калачева, Т.Г. Волова // Физиология растений. – 2005. – Т. 52, №3. – С. 357-365.



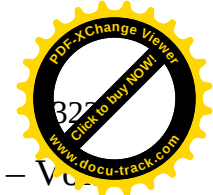
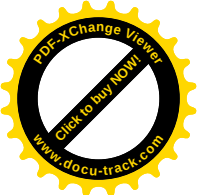
460. Fehling J. Domoic acid production by *Pseudonitzschia seriata* (Bacillariophyceae) in Scottish waters / J. Fehling, D.H. Green, K. Davidson and others // Journal of Phycology. – 2004. – Vol. 40, №4. – P.622-630.
461. Jiang H. Effects of lowering temperature during culture on the production of polyunsaturated fatty acids in the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum* (Bacillariophyceae) / H. Jiang, K. Gao // Journal of Phycology. – 2004. – Vol. 40, №4. – P. 651-654.
462. Ivanova A. Fatty acids and polysaccharide composition of the algal biomass from the Bulgarian Black Sea shore/ A. Ivanova, A.I. Usov, K. Seizova and others // Докл. БЪЛГ. АН. – 2005. – Т.58, №1. – P. 73-78.
463. Mansour M.P. Lipid and fatty acid yield of nine stationary-phase microalgae: Applications and unusual C[24]-C[28] polyunsaturated fatty acids / M.P. Mansour, D.M.F. Frampton, P.D. Nichols and others // Journal of Applied Phycology. – 2005. – Vol. 17, №4. – P. 287-300.
464. Wang H.-Y. Growth and biochemical components of *Chlorella vulgaris* under autotrophic, heterotrophic and mixotrophic cultivations / H.-Y. Wang, S.-Y. Guo, B.-S. Zheng, C.-Z. Li // Huanan ligong daxue xuebao. Ziran kexue ban. – 2004. – Vol. 32, №5. – P. 47-50.
465. Liang Y. Effect of growth phase on the fatty acid compositions of four species of marine diatoms / Y. Liang, K. Mai // Journal of Ocean University of China. – 2005. – Vol. 4, №2. – P. 157-162.
466. Muhling M. Variation in fatty acid composition of *Arthrospira (Spirulina)* strains / M. Muhling, A. Belay, B. A. Whitton // Journal of Applied Phycology. – 2005. – Vol. 17, № 2. – P.137-146
467. Liang Y. Differences in growth, total lipid content and fatty acid composition among 60 clones of *Cylindrotheca fusiformis* / Y. Liang, K. Mai, S. Sun // Journal of Applied Phycology. – 2005. – Vol. 17, №1. – P. 61-65.
468. Басова М.М. Жирнокислотный состав липидов некоторых видов микроводорослей / М.М. Басова // Альгология. – 2005. – Т.15, №4. – С. 415-436.



469. Han B. Semiplenamides A-G, fatty acid amides from a Papua New Guinea collection of the marine cyanobacterium *Lyngbya semiplena* / B. Han, K.L. McPhail, A. Ligresti and others // Journal of Natural Products. – 2003. – Vol. 66, №10. – P.1364-1368.
470. Nakai S. Anti-cyanobacterial fatty acids released from *Myriophyllum spicatum* / S. Nakai, S. Yamada, M. Hosomi // Hydrobiologia. – 2005. – Vol. 543, №1. – P. 71-78.
471. Tonon T. Identification of a long-chain polyunsaturated fatty acid acyl-coenzyme a synthetase from the diatom *Thalassiosira pseudonana* / T. Tonon, R. Qing, D. Harvey and others // Plant Physiology. – 2005. – Vol. 138, №1. – P. 402-408.
472. Leblond J.D. Lipid composition of chlorarachniophytes (Chlorarachniophyceae) from the genera *Bigelowiella*, *Gymnochlora*, and *Lotharella* / J.D. Leblond, L. Dahmen Jeremy, L. Seipelt Rebecca and others // Journal of Phycology. – 2005. – Vol. 41, №2. – P.311-321.
473. Харчук И.А. Динамика липидного состава в клетках *Spirulina platensis* в зависимости от температуры дегидратации / И.А. Харчук, Ю.П. Копытов // Экология моря. – 2005. – Вып. 70. – С. 79-83.
474. Волкова Н.С. Состав жирных кислот липидов у некоторых пресноводных диатомовых водорослей / Н.С. Волкова // Органическое вещество современных и ископаемых осадков. – М.: Наука, 1985. – С. 79-82.
475. Харламенко В.И. Физиологическое состояние микробных сообществ донных осадков и микробных матов мелководной гидротермальной экосистемы бухты Кратерной (Курильские острова) / В.И. Харламенко, А.Б. Имбс, В.Г. Тарасов // Биология моря. – 2009. – Т. 35, №4. – С. 266-272.
476. Божков А.И. Динамика роста, липидный состав и содержание β-каротина в клетках *Dunaliella viridis* Teod. при культивировании в разных типах фотобиореакторов / А.И. Божков, Н.Г. Мензянова // Альгология. – 1997. – Т. 7, № 1. – С. 78-85.
477. Стеценко Я.М. Ліпіди синьозелених водоростей та їх бактерицидні



- властивосп / Я.М. Стеценко, О.В. Стеценко // Український ботанічний журнал. – 1976. – Т. 33, № 3. – С. 303-310.
478. Lem N.W. Desaturation of Fatty Acids Associated with Monogalactosyl Diacylglycerol: The Effects of San 6706 and San 9785 / N.W. Lem, J.P. Williams // Plant Physiology. – 1981. – №68. – P. 944-949.
479. Маслов Ю.И. Фракционирование липидов *Chlorella pyrenoidosa* / Ю.И.Маслов // Вестник Ленинградского университета. – 1966. – № 21. – С. 102–109.
480. Клячко-Гурвич Г.Л. Изменение биосинтеза жирных кислот в условиях азотного голодания у *Chlorella pyrenoidosa* / Г.Л. Клячко-Гурвич, Т.А. Жукова // Физиология растений. – 1966. – Т. 13, №1. – С. 15-24.
481. Клячко-Гурвич Г.Л. Адаптационная перестройка жирнокислотного состава моногалактозилдиглицеридов клеток хлореллы / Г.Л. Клячко-Гурвич, Л.Я. Семенова // IX Всесоюз. рабоч. совещ. по вопросам круговорота веществ в замкнутой системе на основе жизнедеятельности низших организмов (11-15 июня 1976 г., Киев). – 1976. – С. 57-60.
482. Сакевич А.Я. Экзометаболиты пресноводных водорослей / А.Я. Сакевич. – К.: Наукова думка, 1985. – 197 с.
483. Lem N.W. In vitro fatty acid synthesis and complex lipid metabolism in the cyanobacterium *Anabaena variabilis*. Some characteristics of fatty acid synthesis / N.W. Lem, P.K. Stumpf // Plant Physiology. – 1984. – Vol. 74, №1. – P. 134-138.
484. Kamenarska Z. Hemical composition of the Brown Alga *Padina pavonia* (L.) Gaill. from the Adriatic Sea / Z. Kamenarska, M.J. Gasic, M. Zlatovic // Chemical Composition of the Brown Alga *Padina pavonia* (L.) Gaill. from the Adriatic Sea // Botanica Marina. – 2002. – Vol. 45. – P. 339-345.
485. Грановская Л.А. Некоторые особенности переоисления растворенного органического вещества, экскретируемого *Chlorella pyrenoidosa* Chick. S-39 на свету и в темноте / Л.А. Грановская, Л.А. Телитченко // Гидробиологический журнал. – 1978. – Т. 14, №4. – С. 71-76.
486. Otsuka Z. Change of fatty acid composition of *Chlorella ellipsoidea* during



its cell cycle / Z. Otsuka, Y. Mirimura // Plant and Cell Physiology. – 1966. – Vol. 7, №4. – P. 663-670.

487. Пешеходько В.М. Фотосинтез и прижизненное выделение органических веществ талломами некоторых морских прикрепленных водорослей / В.М. Пешеходько, Э.Л. Титляков, Я.Ф. Беликов // Физиология растений. – 1976. – Т. 23, №5. – С. 1047–1051.

488. Калачева Г.С. Липиды *Chlorella vulgaris* в условиях блокирования биосинтеза биогенными элементами / Г.С. Калачева, И.И. Трубачева // Физиология растений. – 1974. – Т. 21, №1. – С. 56-60.

489. Ben-Amotz A. Glycerol and p-carotene metabolism in the halotolerant alga *Dunaliella*: a model system for biosolar energy conversion / A. Ben-Amotz, M. Avron // Trends in Biochemical Sciences. – 1981. – Vol. 6, №11. – P. 297-299.

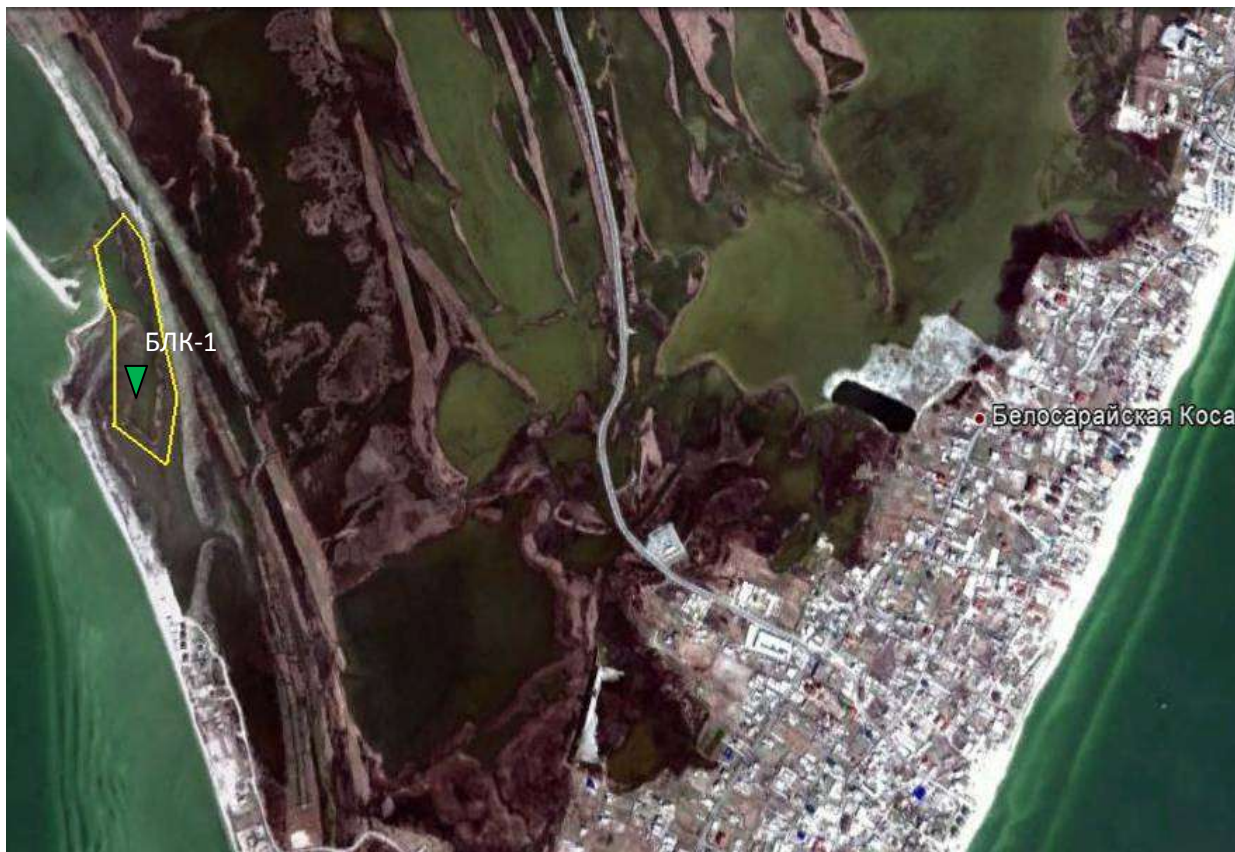
490. Berkaloﬀ C. Variations of the lipid composition during the formation of cysts in the green alga *Protosiphon botryoides* / C. Berkaloﬀ, J.C. Kader // Phytochemistry. – 1975, №14. – P. 2353-2355.

491. Солоненко А.Н. Жирнокислотный состав бентосных макроскопических разрастаний водорослей и пелоидов эфемерных водоёмов / А.Н. Солоненко // Альгология. – 2013. – Т. 23, №1. – С. 47-52.

Додаток А

Картографічні та фотографічні матеріали полігонів дослідження

Полігон 1. Донецька область, Першотравневий район, окол. с. Білосарайська коса. Білосарайська коса (N 46°54'22.7"; E 37°19'22.7").



— - межі полігону ▽ - пробна площа

Рис. А.1. Схема розміщення та межі полігону 1



Рис. А.2. Фрагмент території полігону 1 з заростями очерету південного на берегових підвищеннях



Рис. А.3. Знижені берегові ділянки на полігоні 1 з угрупованнями *Salicornia europaeae* L. та *Salsola soda* L.

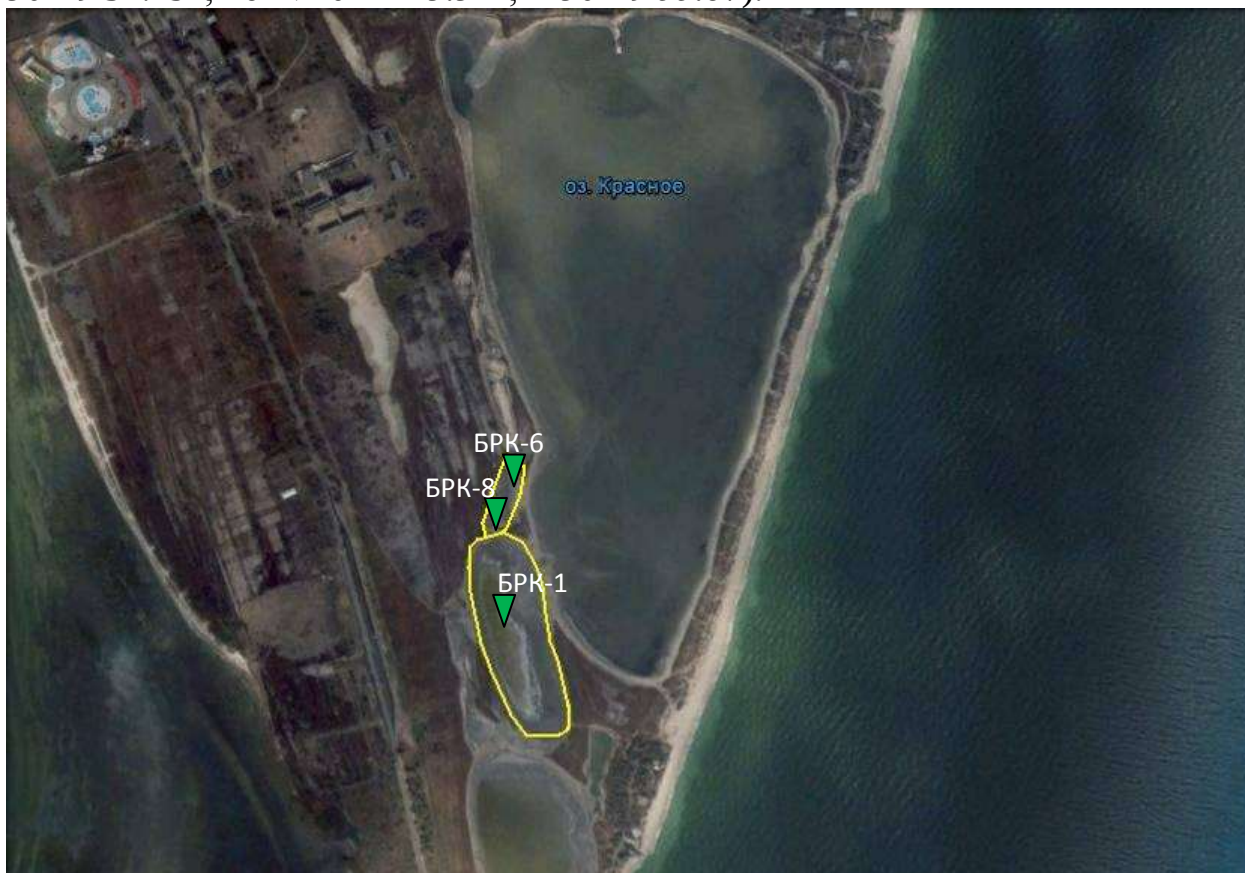


Рис. А.4. Водоростева плівка темно-зеленого кольору на дні водойми (літо, 2011 р.). Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841



Рис. А.5. Чорний пластичний пелюїд із запахом сірководню (літо, 2011 р.)

Полігони 2а, 2б. Бердянський район Запорізької області, окол. м. Бердянськ. Континентальна частина Бердянської коси (2а-N 46°42'42.0"; E 36°49'52.49"; 2б-N 46°42'43.31"; E 36°49'55.87).



— - межі полігонів

▼-пробна площа

Рис. А.6. Схема розміщення та межі полігону 2а, 2б



Рис. А.7. Рослинні угруповання з домінуванням *Elytrigia elongata* (Host) Nevski на підвищених берегових ділянках (літо, 2005 р.)



Рис. А.8. Чорний пелоїд із запахом сірководню під брудно-рожевим макроскопічним водоростевим розростанням на поверхні пересохлої водойми (БРК-1, літо, 2005 р.). Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841



Рис. А.9. Макроскопічні водоростеві розростання на дні водойми (БРК-1, літо, 2011 р.). *Cladophora siwaschensis* K.I. Mey 1922



Рис. А.10. Макроскопічні водоростеві розростання по урізу води (БРК-1, весна, 2011 р.). Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841.



Рис. А.11. Макроскопічні водоростеві розростання БРК-8, 2005 р. (1 - на дні водойми (домінант-*Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841); 2 - у водній товщі (домінант - *Dunaliella salina* (Dunal) Teodor. 1905))



Рис. А.12. Червоно-фіолетове макроскопічне водоростеве розростання по урізу води (БРК-8, 2005 р., доміант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841)

Полігони 3а, 3б. Бердянський район Запорізької області, окол. м. Бердянськ, ландшафтний заказник місцевого значення «Оголовок Бердянської коси» (3а - N 46°39'5.02"; E 36°45'36.26"; 3б - N 46°38'27.28"; E 36°45'36.26").



— - межі полігонів

-пробна площа

Рис. А.13. Схема розміщення та межі полігонів 3а, 3б.



Рис. А.14. Пелоїд у прикопці під макроскопічним водоростевим розростанням оливкового кольору (БРО-1, 2005 р., домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841)



Рис. А.15. Пелоїд у прикопці під макроскопічним водоростевим розростанням чорно-зеленого кольору (БРО-5, 2005 р., домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841)



Рис. А.16. 1-макроскопічні водоростеві розростання по урізу води; 2-чорний пластичний пелоїд під водоростевими розростаннями (БРО-5, 2005 р., домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841)

Полігони 4а, 4б, 4в. Бердянський район Запорізької області, окол. м. Бердянськ, заказник державного значення «Заплава р. Берди» (4а- N 46°46'35.31"; E 36°51'43.64"; 4б- N 46°46'24.22"; E 36°52'6.27"; 4в- N 46°46'42.09"; E 36°52'3.45").



— - межі полігонів

▲ -пробна площа

Рис. А.17. Схема розміщення полігонів 4а, 4б, 4в



Рис. А.18. Водоростеве «цвітіння» у водоймі, BPM-9 (літо, 2005 р.). Домінант - *Dunaliella salina* (Dunal) Teodor. 1905



Рис. А.19. Макроскопічні водоростеві розростання та чорний пелоїд під ними, BPM-10 (літо, 2005 р.). Домінант - *Chondrocystis sarcinoides* (Elenkin) Komárek & Anagn. 1995



Рис. А.20. Суцільні макроскопічні водоростеві розростання на дні водойми, BPM-11 (літо, 2005 р.). Домінант - *Chondrocystis sarcinoides* (Elenkin) Komárek & Anagn. 1995



Рис. А.21. 1- Угруповання з *Juncus gerardii* Loisel. та *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla; 2-водоростеві розростання оливкового кольору Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841

Полігон 5. Приморський р-н Запорізької обл., Обіточна коса, озеро Великий лиман. Континентальна частина Обіточної коси (N 46°39'27.62"; E 36°18'14.37").



— - межі полігону

▼ -пробна площа

Рис. А.22. Схема розміщення та межі полігону 5



Рис. А.23. Макроскопічні водоростеві розростання на дні водойми (весна, 2011 р.)



Рис. А.24. Макроскопічні водоростеві розростання на дні водойми (літо, 2011 р.)



Рис. А.25. Водоростеве «цвітіння» в товщі води (весна-літо, 2011 р.). Домінант - *Dunaliella viridis* Teodor. 1905.



Рис. А.26. Макроскопічне водоростеве розростання по урізу води (літо, 2011 р.). Домінант - *Cladophora siwaschensis* K.I. Mey 1922



Рис. А.27. Макроскопічні водоростеві розростання по урізу води. Домінант - *Cladophora siwaschensis* K.I. Mey 1922.

Полігон 6. Приазовський р-н Запорізької обл., окол. с. Строганівка, гирлова частина р. Корсак (N 46°38'20.31"; E 35°51'00.04").



— - межі полігону

▼ -пробна площа

Рис. А.28. Схема розміщення та межі полігону 6



Рис. А.29. Лучні угруповання з домінуванням *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl. (підвищення в центральній частині водойми) на полігоні 6



Рис. А.30. Локальні макроскопічні водоростеві розростання по урізу води (літо, 2011 р.). Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841



Рис. А.31. Макроскопічні водоростеві розростання на дні водойми (літо, 2011 р.). Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841

Полігони 7, 8, 9, 10. Приазовський р-н Запорізької обл., окол. с. Новокостянтинівка. Заплава р. Домузли (7- N 46°36'32.78"; E 35°40'53.22"; 8- N 46°36'32.53"; E 35°40'53.67"; 9- N 46°36'8.88"; E 35°41'13.6"; 10- N 46°39'21.07"; E 35°42'55.88").



— - межі полігонів ▼-пробна площа

Рис А.32. Схема розміщення та межі полігонів 7, 8, 9, 10



Рис. А.33. Пухкі солончаки з домінуванням *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) Vieb. на полігоні 8



Рис. А.34. Зарості *Potamogeton pectinatus* L. в центральній частині водойми

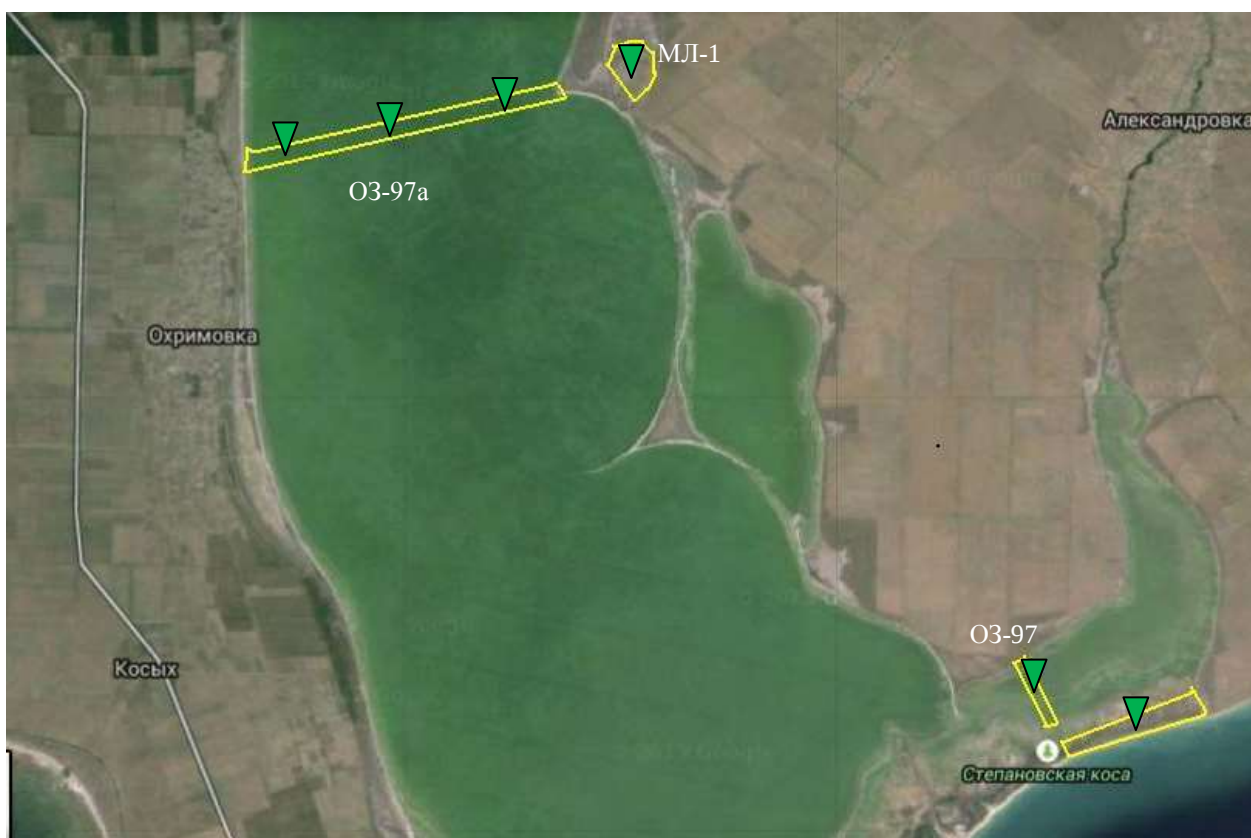


Рис. А.35. Сірий пелоїд під водоростевими розростаннями коричневого кольору.



Рис. А.36. Локальні водоростеві розростання темно-зеленого кольору на підвищених незатоплюваних ділянках. Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841.

Полігони 11а, 11б, 12, 13 Фрагмент акваторії Олександрівської затоки, Молочного лиману, Степанівської коси (територія ландшафтного заказнику державного значення «Степанівська коса»), а також водойма в окол. с. Вікторівка (Приазовський район Запорізької області).



— - межі полігонів ▽ - пробна площа

Рис. А.37. Схема розміщення та межі полігонів 11а, 11б, 12, 13



Рис. А.38. Знижені ділянки полігону 12 з домінуванням угруповань *Salicornia europaea* L.



Рис. А.39. 1-фрагмент водоростевого розростання з дна водойми; 2- чорний пелоїд. Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841

Полігон 14. Генічеський р-н Херсонської обл., окол. с. Салькове (N46°10'21,07"; E34°37'38,29").



— - межі полігону ▼ - пробна площа

Рис. А.40. Схема розміщення та межі полігону 14



Рис. А.41. Пересохла водойма (літо, 2011 р.)



Рис. А.42. Водоростеве розростання на дні водойми (весна, 2011 р.). Домінанти - *Cocconeis placentula* Ehrenb. 1838, *Phormidium subuliforme* (Thw. ex Gomont) Anagn. et Komárek 1988

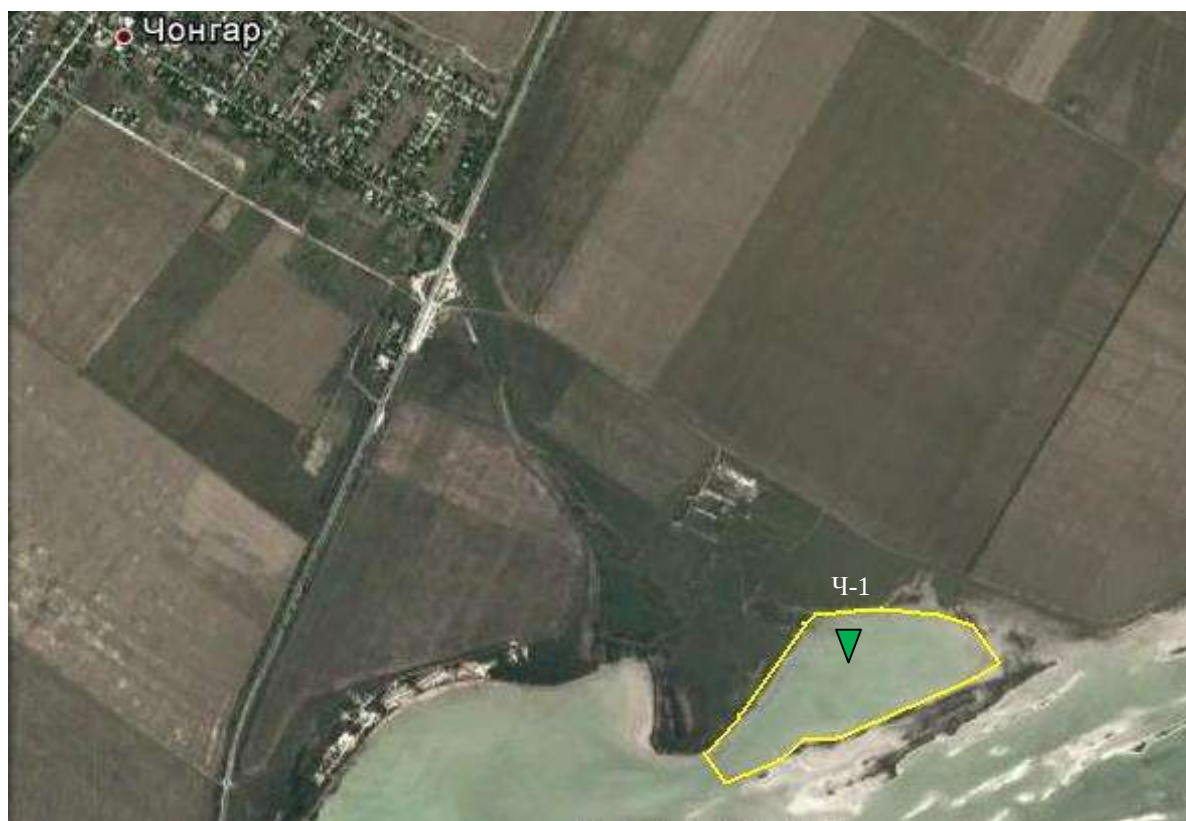


Рис. А.43. Темно-сірий пелоїд.



Рис. А.44. 1 - темно-зелене водоростеве розростання під сольовою кіркою; 2 - чорний пелоїд.

Полігон 15. Генічеський р-н Херсонської обл., окол. с. Чонгар (N 46°0'38.07; E 34°33'25.26").



— - межі полігону ▼-пробна площа

Рис. А.45. Схема розміщення та межі полігону 15



Рис. А.46. Фрагмент пересихаючої водойми (2011 р.)



Рис. А.47. Темно-сірий пелоїд під водоростевими макроскопічними розростаннями. Домінант - *Nitzschia sigmoidea* (Ehrenb.) W. Sm.

Полігон 16. Генічеський р-н Херсонської обл., окол. с. Атамань, півострів Чонгар (N 45°59'28.09"; E 34°29'17.44").



— - межі полігону ▼-пробна площа

Рис. А.48. Схема розміщення та межі полігону 16



Рис. А.49. Загальний вигляд водойми (весна, 2011 р.)



Рис. А.50. Підвищенні ділянки вздовж водойми з угрупованнями з *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beav. та *Festuca valesiaca*. Gaud. Водойма пересохла, вкрита суцільним шаром солі (літо, 2011 р.)



Рис. А.51. Сірий пелюїд під сольовою кіркою

Полігон 17. Генічеський р-н Херсонської обл. окол. с. Щасливцеве, Арабатська стрілка, південна частина озера Зябловське (N 46°3'14.1"; E 34°49'31.47").



— - межі полігону ▼ -пробна площа

Рис. А.52. Схема розміщення та межі полігону 17



Рис. А.53. Пересохла водойма стаціонару АСР (літо, 2005 р.)



Рис. А.54. Темно-зелене макроскопічне водоростеве розростання на дні водойми (літо, 2009 р.) *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841



Рис. А.55. Пелоїд під водоростевими розростаннями з дна водойми (літо, 2005 р.)



Рис. А.56. Зелене повстеподібне водоростеве жабування на мілководді (літо, 2005 р.)



Рис. А.57. Водоростевий нагін жовто-зеленого кольору у північно-східній частині водойми (літо, 2005 р.)



Рис. А.58. Ворсисті водоростеві розростання на зволжених ділянках (літо, 2005 р.)



Рис. А.59. Коричневе водоростеве розростання серед угруповання *Salicornia europaea* L. (літо, 2005 р.)



Рис. А.60. Темно-зелене водоростеве розростання на дні водойми (осінь 2009 р.). Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841



Рис. А.61. Водоростеве «цвітіння» в товщі води (осінь, 2009 р.). Домінант - *Dunaliella salina* (Dunal) Teodor. 1905



Рис. А.62. Макроскопічні водоростеві розростання по урізу води з чорним пелюдом (осінь, 2009 р.). Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841



Рис. А.63. Сухі розростання *Nostoc commune* Vaucher sensu Elenkin 1949 серед вищої рослинності (осінь, 2009 р.)



Рис. А.64. З'єднання водойми з озером Зябловським (весна, 2011 р.)



Рис. А.65. Загальний вигляд водойми (літо, 2011 р.)



Рис. А.66. Водоростеві розростання на дні водойми (весна, 2011 р.). Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841



Рис. А.67. Водоростеві розростання на дні водойми (літо, 2011 р.). Домінант- *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841



Рис. А.68. макроскопічні водоростеві розростання по урізу води (2011 р.). Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841.



Рис. А.69. Пелоїд чорного кольору із запахом сірководню (2011 р.)



Рис. А.70. Розростання *Nostoc commune* Vaucher sensu Elenkin 1949 на підвищених незатоплюваних ділянках серед вищої рослинності (2011 р.)



Рис. А.71. Водоростеві розростання у вигляді зеленого нальоту на підвищених незатоплюваних ділянках (2011 р.).
Домінант - *Pseudendoclonium* sp.

Полігон 18. Генічеський р-н Херсонської обл., окол. с. Щасливцеве,
Арабатська стрілка. Термальне джерело (N 45°59'30.8"; E 34°51'02.88").



— - межі полігону

▼ - пробна площа

Рис. А.72. Схема розміщення та межі полігону 18



Рис. А.73. Водоростеві розростання на стінках термального басейну. Домінант - *Synechocystis minuscula* Woron. 1926



Рис. А.74. Водоростеві розростання на стінках термального басейну. Домінант - *Synechocystis minuscula* Woron. 1926

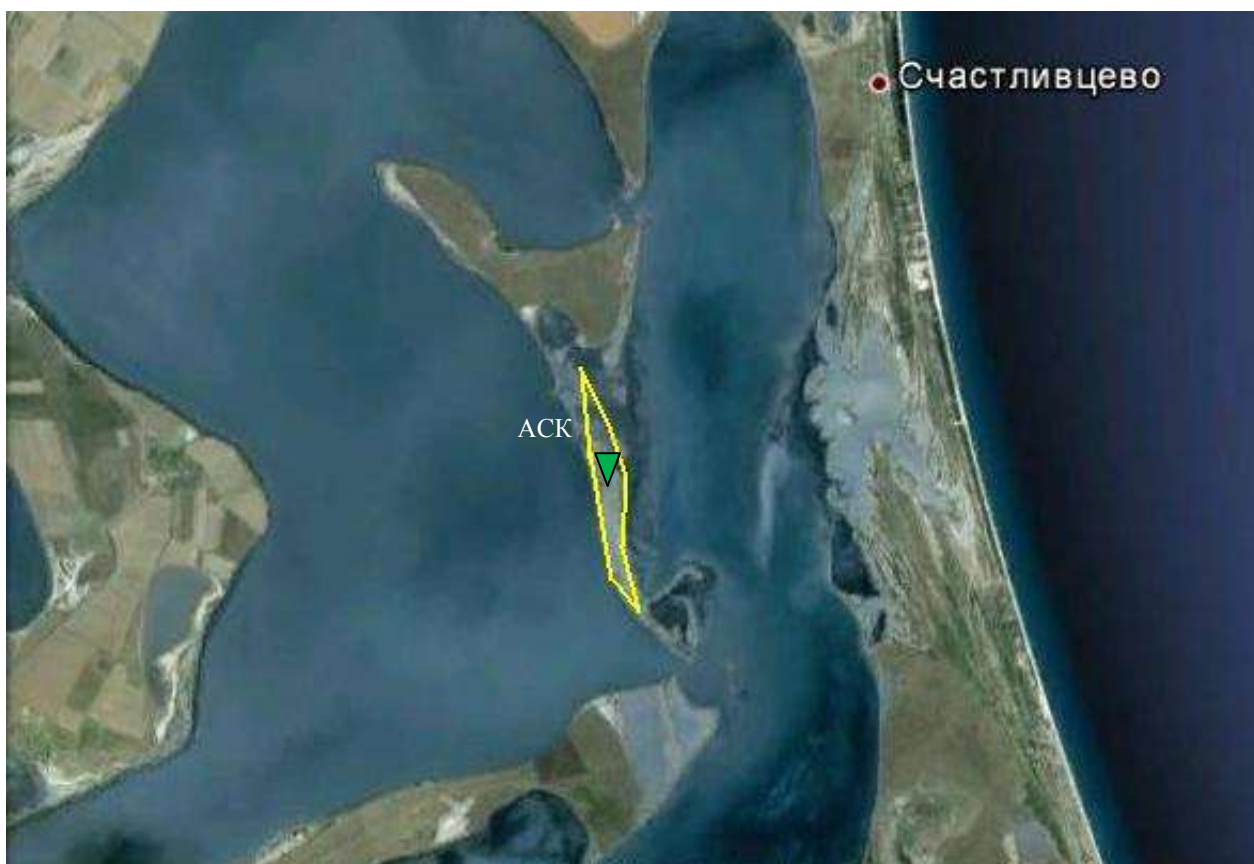


Рис. А.75. Збір обростань термофільних водоростей на стінках термального басейну



Рис. А.76. Водоростеве «цвітіння» в товщі води. Домінант - *Synechocystis minuscula* Woron. 1926.

Полігон 19. Генічеський р-н Херсонської обл., окол. с. Щасливцево, Арабатська
стрілка (N 45°56'39.73"; E 34°43'19.14").



— - межі полігону ▼ - пробна площа

Рис. А.77. Схема розміщення та межі полігону 19



Рис. А.78. Загальний вигляд водойми



Рис. А.79. Ділянки з більш довгим періодом затоплення з угрупованнями *Salicornia europaea* L.



Рис. А.80. Макроскопічні водоростеві розростання на дні водойми. Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841



Рис. А.81. Макроскопічні водоростеві розростання оливково-зеленого кольору. Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841



Рис. А.82. Сухі макроскопічні водоростеві розростання чорного кольору. Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841

Полігони 20-21. Генічеський р-н Херсонської обл., окол. с. Стрілкове, Арабатська стрілка. Водойма біля озера Сиваш. (20-N 45°47'2.99"; E 34°57'18.38"; 21- N 45°47'18.08"; E 34°56'26.24").



— - межі полігонів

▼ -пробна площа

Рис. А.82. Схема розміщення полігонів 20, 21



Рис. А.83. Загальний вигляд водойми з піщано-черепашковим баром і поодинокими куртинами *Juncus maritimus* Lam. (полігон 21)



Рис. А.84. Макроскопічне водоростеве розростання на дні водойми (літо, 2005 р., полігон 21). Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841



Рис. А.85. Чорний пелоїд під червоними макроскопічними водоростевими розростаннями в зоні обсихання (літо, 2005 р.). Домінант - *Merismopedia glauca* (Ehrenb.) Kütz. 1845



Рис. А.86. Чорний пелоїд під оливково-чорними розростаннями в зоні обсихання (літо, 2005 р.). Домінант - *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm. 1841

Додаток Б

Фотографічні матеріали бактерій деструкторів



Рис. Б.1. Колонії бактерій на крохмальному агарі. Арабатська стрілка, літня температура 25°C. Збільшення x16

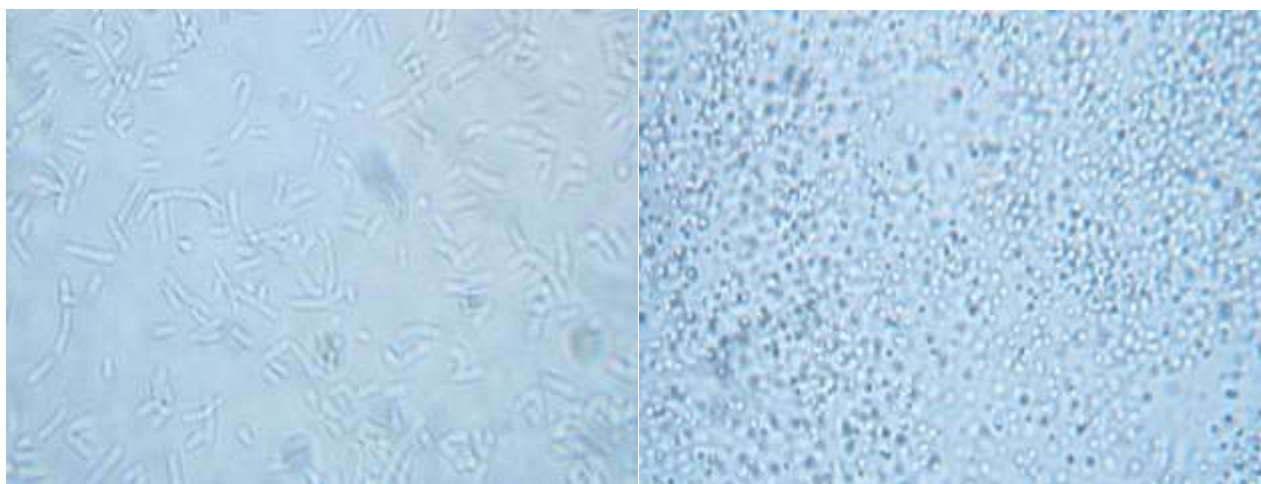


Рис. Б.2. Паличкоподібні бактерії на крохмальному агарі. Палички одиничні та зібрані в короткі ланцюги. Арабатська стрілка, літня температура 25°C. Збільшення x1000.

Рис. Б.3. Кокоїдні бактерії на крохмальному агарі. Арабатська стрілка, літня температура 25°C. Збільшення x1000.



Рис. Б.4. Колонії бактерій на м'ясо-пептонному агарі. Арабатська стрілка, літня температура 25°C. Збільшення x16



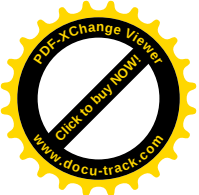


Рис. Б.5. Паличкоподібні видовжені бактерії на м'ясо-пептонному агарі.
Арабатська стрілка, літня температура 25°C. Збільшення x1000.



Рис. Б.6. Колонії бактерій на агарі із свинячим смальцем. Арабатська стрілка,
літня температура 25°C. Збільшення x16

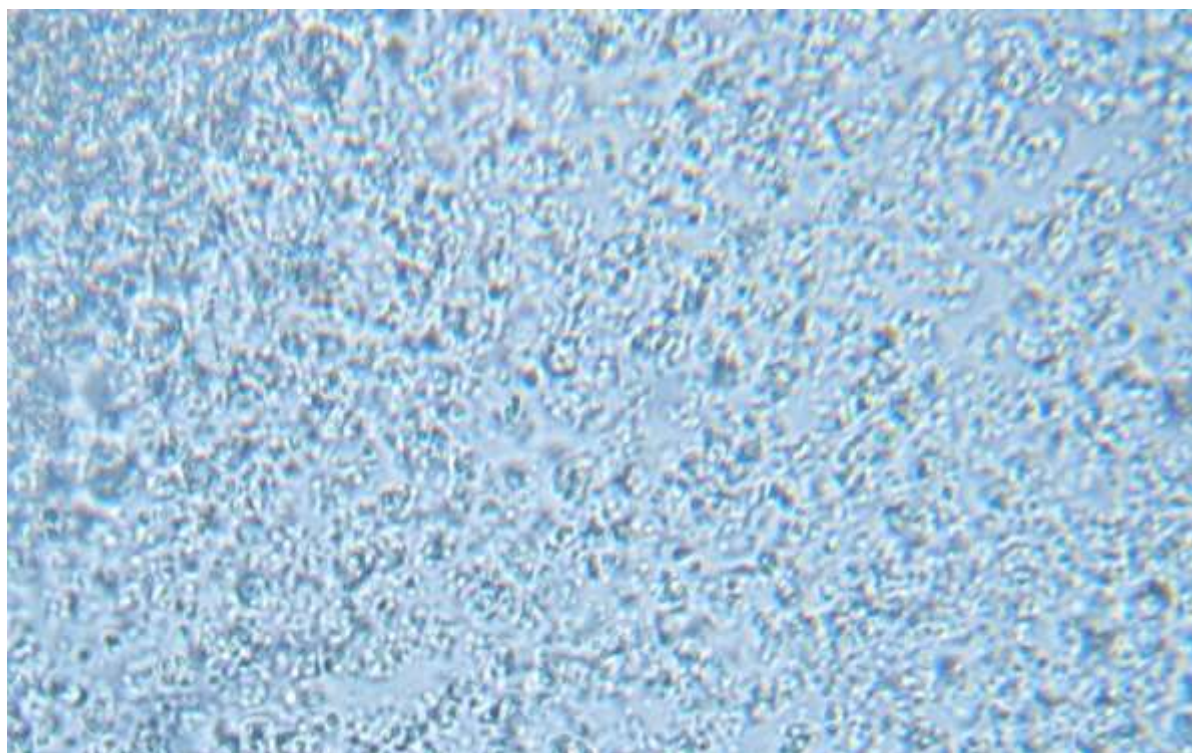


Рис. Б.7. Кокоїдні бактерії на агарі із свинячим смальцем. Арабатська стрілка, літня температура 25°C. Збільшення $\times 1000$.

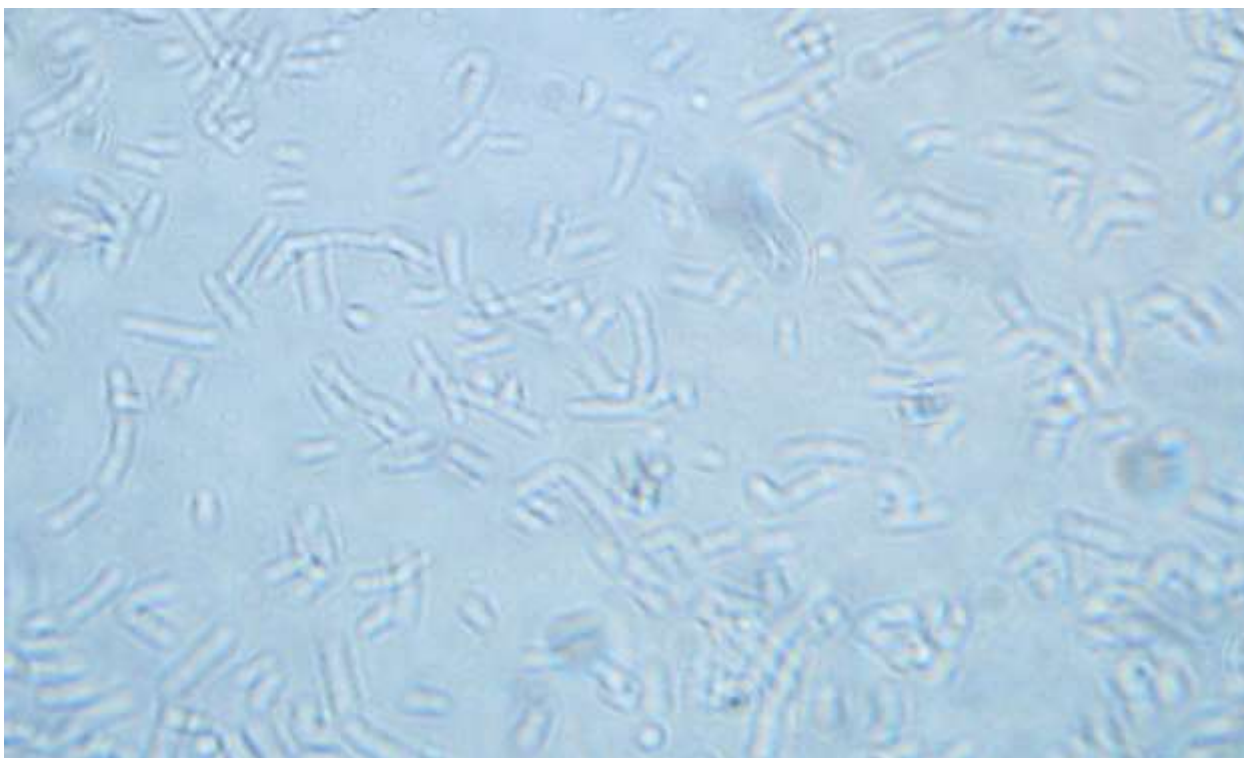
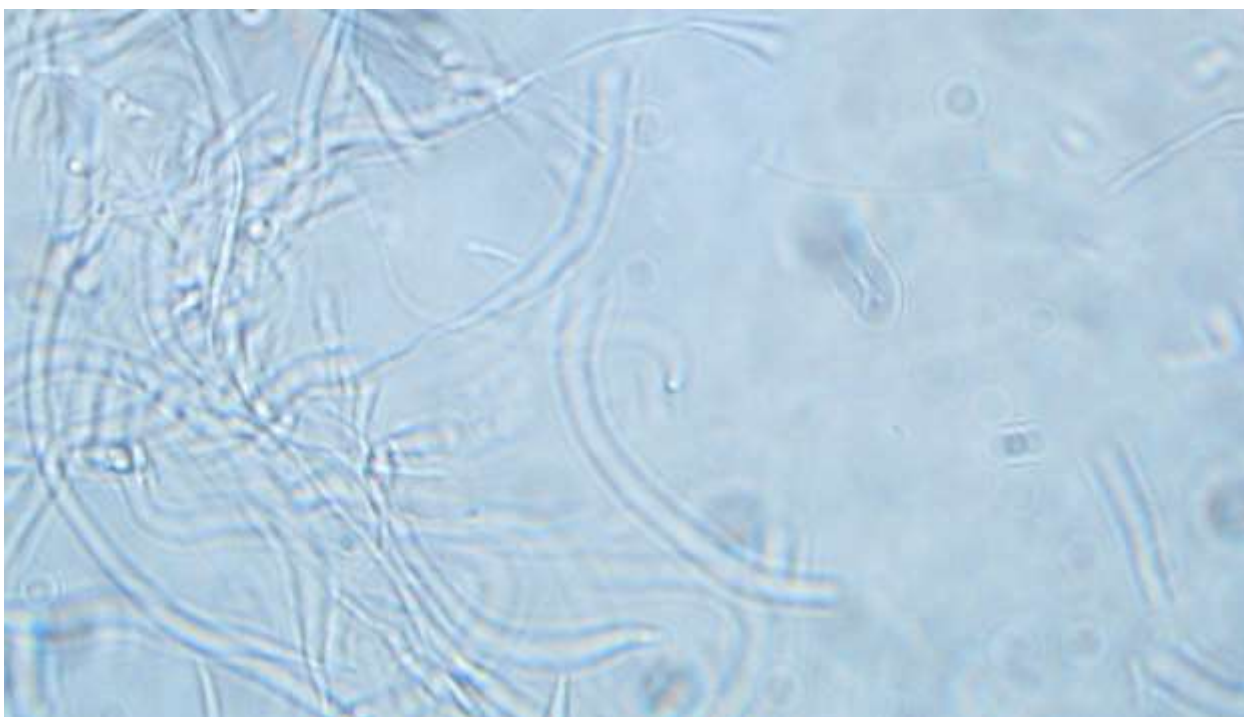


Рис. Б.8. Паличкоподібні бактерії на агарі із свинячим смальцем. Арабатська стрілка, літня температура 25°C. Збільшення $\times 1000$.



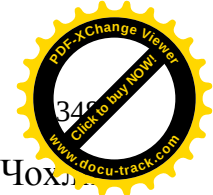
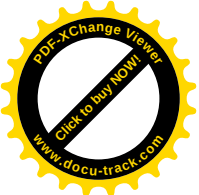


Рис. Б.9. Ниткоподібні бактерії на агарі із свинячим смальцем. Чохл
нитковидні. Ймовірно, сіркобактерії. Арабатська стрілка, літня температура
25°C. Збільшення x1000.