

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет гідрометеорології і екології

(повне найменування факультету)

Кафедра водних біоресурсів та аквакультури

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»

«Культивування водоростей та основні напрямки їх використання»

(тема кваліфікаційної роботи українською мовою)

«Algae cultivating and main directions of their using»

(тема кваліфікаційної роботи англійською мовою)

Виконав: здобувач заочної форми навчання
спеціальності 207 Водні біоресурси та аквакультура

(код, назва спеціальності)

Освітня програма Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів

(назва)

Чемиртан Костянтин Валерійович

(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник Лічна А.І.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент Сербов М.Г.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри

№ від . . 2024 р.

Завідувач(ка) кафедри

(підпис)

БУРГАЗ Марина
(прізвище, ім'я)

Захищено на засіданні ЕК №
протокол № від . . 2024 р.

Оцінка / /
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)

Голова ЕК

(підпис)

СЕРБОВ Микола
(прізвище, ім'я)

Одеса 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет заочний

Кафедра водних біоресурсів та аквакультури

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура

(шифр і назва)

Освітня програма Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Бургаз М.І.

“ 13 ” травня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Чемиртану Костянтину Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Культивування водоростей та основні напрямки їх використання

керівник роботи старший викладач Лічна Анастасія Іванівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “31” 05 2024 року № 69-С

2. Строк подання студентом роботи 16.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Робота присвячена вивченню біології розмноження атлантичної тріски *Gadus morhua*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз наявної в літературі інформації щодо біологічних основ культивування водоростей, морфологічні та фізіологічні особливості водоростей, визначення основних напрямків використання водоростей, фармацевтична промисловість: біоактивні речовини з водоростей, енергетика: виробництво біопалива з водоростей, очищення води та середовища: біоремедіація

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Обов'язковими рисунками є ті що ілюструють види досліджень та таблиці, які характеризують ті чи інші показники, що використовуються для розрахунків та прогнозів необхідних для вирішення поставлених задач.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	Бургаз М.І. зав. кафедрою водних біоресурсів та аквакультури	13.05.24	13.05.24
II	Бургаз М.І. зав. кафедрою водних біоресурсів та аквакультури	20.05.24	20.05.24
III	Бургаз М.І. зав. кафедрою водних біоресурсів та аквакультури	01.06.24	01.06.24

7. Дата видачі завдання _____ 13.05.2024 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Аналіз наукової літератури з досліджуваної теми, написання вступу, та першого розділу	13.05.2024-19.05.2024р	80,0	добре
2	Аналіз біологічних основ культивування водоростей. Написання другого розділу.	20.05.2024-26.05.2024р	80,0	добре
3	Рубіжна атестація	27.05.2024-31.05.2024р	80,0	добре
4	Аналіз основних напрямків використання водоростей Написання третього розділу	01.06.2024-09.06.2024р	80,0	добре
5	Написання висновків бакалаврської кваліфікаційної роботи	10.06.2024-11.06.2024р	80,0	добре
6	Оформлення роботи згідно ДОСТу. Написання доповіді. Підготовка презентації.	12.06.2024-13.06.2024р	80,0	добре
7	Перевірка роботи науковим керівником, надання відгуку Перевірка роботи зав. кафедрою Отримання рецензії Попередній захист роботи на кафедрі Надання роботи до деканату	14.06.2024-16.06.2024		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		80,0	добре

Студент _____

(підпис)

Чемиртан К.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Лічна А.І.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	5
1	ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	7
	1.1 Історія дослідження водоростей.....	7
	1.2 Класифікація водоростей.....	9
	1.3 Основні біологічні характеристики водоростей.....	14
2	БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КУЛЬТИВУВАННЯ ВОДРОСТЕЙ... 18	
	2.1 Морфологічні та фізіологічні особливості водоростей.....	20
	2.2 Методи культивування водоростей	24
3	ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДРОСТЕЙ.....	30
	3.1 Фармацевтична промисловість: біоактивні речовини з водоростей.....	38
	3.2 Енергетика: виробництво біопалива з водоростей.....	42
	3.3 Очищення води та середовища: біоремедіація.....	48
	3.4 Сільське господарство: використання водоростей як добрив та кормів.....	50
	ВИСНОВКИ.....	54
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	56

ВСТУП

У сучасному світі проблема забруднення навколишнього середовища і змін клімату стає все більш актуальною. Одним із можливих шляхів розв'язання цих проблем є використання водоростей – древніх мікроскопічних організмів, які є виробниками кисню та базовим елементом акватичних екосистем. Культивування водоростей має великий потенціал як для екологічного відновлення, так і для створення нових продуктів і ресурсів у різних галузях промисловості і життєдіяльності людини. Водорості – це водні організми, які можуть вирости як в прісних, так і в солонуватих водоймах. Культивування водоростей передбачає систематичне вирощування цих мікроскопічних рослин в спеціально створених умовах для отримання максимального врожаю і використання їхніх корисних властивостей. Культивування водоростей є перспективним напрямком досліджень і розвитку. Використання водоростей може сприяти збереженню навколишнього середовища, поліпшенню якості життя людей і розвитку нових інноваційних продуктів. Однак для досягнення максимального потенціалу цього ресурсу необхідні подальші дослідження, розвиток технологій і створення сприятливих умов для його використання. [1].

Водорості використовуються як суперфуд, добавки до їжі, джерело білків, вітамінів та мінералів. Водорості є джерелом біологічно активних речовин, які використовуються для створення лікарських препаратів та косметики. Біопаливо з водоростей є перспективним джерелом відновлюваної енергії. Водорості використовуються для біомеліорації, очищення стічних вод та поглинання забруднюючих речовин. Біопаливо з водоростей є перспективним джерелом відновлюваної енергії. Водорості можуть використовуватися як добрива і кормові добавки для підвищення врожайності та здоров'я тварин. [1]

Культивування водоростей є багатofункціональною технологією, яка має потенціал для вирішення багатьох глобальних проблем, включаючи продовольчу безпеку, охорону здоров'я, енергетичну незалежність та захист навколишнього середовища. Це процес вирощування водоростей в контрольованих умовах для отримання біомаси, яка може бути використана в різних промислових, медичних, сільськогосподарських та інших цілях. Суть цього процесу полягає у створенні оптимальних умов для росту водоростей, забезпечуючи їх необхідними поживними речовинами, світлом, вуглекислим газом та іншими факторами, які сприяють їх продуктивності та ефективності.

Культивування водоростей – це процес вирощування водоростей в контрольованих умовах для отримання біомаси, яка може бути використана в різних промислових, медичних, сільськогосподарських та інших цілях. Суть цього процесу полягає у створенні оптимальних умов для росту водоростей, забезпечуючи їх необхідними поживними речовинами, світлом, вуглекислим газом та іншими факторами, які сприяють їх продуктивності та ефективності.[1]

Мета роботи полягала у комплексному дослідженні процесу культивування водоростей та визначення основних напрямків їх використання.,

Для досягнення мети були окреслені наступні завдання дослідження: провести аналіз наукових джерел та досліджень щодо існуючих методів культивування водоростей, оцінити біологічні та екологічні вимоги для успішного культивування водоростей, визначити найбільш продуктивні та економічно вигідні методи культивування водоростей у різних умовах, дослідити можливості використання вирощених водоростей у різних галузях, таких як харчова промисловість, медицина, біопаливо, косметика, очищення води та сільське господарство

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Історія дослідження водоростей

Альгологія – галузь біології, що вивчає водорості (як еукаріотичні, так і прокаріотичні). Водорості (спочатку лише макроскопічні) досліджували здавна, ще до того, як було з'ясовано їхню особливу природу. Становлення альгології як самостійної галузі знань розпочалось у першій половині ХІХ ст., насамперед завдяки роботам шведських дослідників – братів Агардів, які в 1823–48 видали ґрунтовні праці про водорості. Остаточне оформлення альгології як науки пов'язане з публікацією праці Ф. Ольтманса (1904–05). Істотна роль у формуванні й розвитку альгології поряд з іншими належить також багатьом відомим вченим країн зарубіжжя. Спочатку альгологія розвивалася як описова наука, що приділяла основну увагу зовнішній формі і класифікуванню водоростей. Згодом почали досліджувати розмноження, онтогенез та властивості водоростей. Сучасна альгологія – розвинена багатопланова наука. До головних напрямів належать морфологія, цитологія, генетика, флористика, систематика, ґрунтово альгологія, палеоальгологія, прикладний та ін. порушено питання про охорону водоростей та необхідність інтенсифікації створення загальної альгології як спеціального розділу біології. Подальший успіх залежить від гармонічного розвитку всіх її напрямів (як нових, так і традиційних) та розробки загальних, теоретичних і методологічних питань. У недалекому майбутньому можливе відокремлення від альгології дисциплін, аналогічних тим, що вже виділилися з розділу ботаніки, присвячених вищим рослинам. [1-2]

Вивчення водоростей в Україні почалося в у середині ХІХ ст., переважно в університетах Києва, Харкова й Одеси. Альгологічні дослідження значно

посилилися у першій половині ХХ ст. у зв'язку зі створенням нових біологічних станцій та формуванням перших колективів альгологів, зокрема Харківської альгологічної школи (В. Арнольд – засн., Н. Дідусенко-Щеголева, О. Коршиков, А. Прошкіна-Лавренко, Я. Ролл, Д. Свиренко, Л. Шкорбатов, О. Матвієнко, а згодом Т. Догадіна та ін.), і особливо після 50-х рр. завдяки зусиллям О. Топачевського (за участі Д. Зерова та А. Окснера) було створено Київську альгологічну школу, до якої увійшли З. Ветрова, Н. Кондратьєва, Н. Масюк, Н. Мошкова, О. Оксіук, а згодом О. Виноградова, О. Коваленко, В. Ступіна, П. Царенко, В. Юнгер та ін. Головними центрами альгологічних досліджень в Україні стали Київ (насамперед Інститут ботаніки НАНУ – координатор морфолого-систематичних та флористових досліджень водоростей України; Інститут гідробіології НАНУ, фахівці якого проводять різнобічне дослідження водоростей як компонентів водних екосистем, насамперед річкових; Київський університет, а також деякі інші установи), Харків (насамперед Харківський університет, де працюють представники харківської школи альгологів, що вивчають переважно прісноводні водорості з різних позицій, зокрема досліджують їх санітарно-біологічний стан), Дніпро (Дніпровський університет), Одеса (Одеський університет та Одеський відділ Інституту біології морів). Певний обсяг робіт виконано також у інших областях України. Вивчення водоростей в Україні провадиться майже в усіх відомих напрямках альгології. Завершено публікацію багатотомної серії «Визначник прісноводних водоростей Української РСР» (1938–93), та багато інших публікацій. [1-2]

1.2. Класифікація водоростей

Види водоростей включають червоні і зелені водорості, і евгленіди, і динофлагеллати (табл.1.1). Вчені вважають, що червоні і зелені водорості еволюціонували з ендосимбіотичних зв'язків з ціанобактеріями. Їх хлоропласти мають дві мембрани, оскільки клітинні мембрани ціанобактерій стали додатковими плазматичними мембранами хлоропластів. Вчені вважають, що евгленіди і динофлагеллати еволюціонували пізніше, з ендосимбіотичних відносин із зеленими і червоними водоростями. Ось чому їх хлоропласти мають три мембрани. Відмінності в типах хлорофілу в чотирьох типах водоростей також підтримують гіпотезовані еволюційні відносини. [2]

Табл. 1.1 - Види водоростей та основні ознаки

Головні ознаки	Вид водоростей			
	Бурі	Червоні	Діатомові	Зелені
Чисельність	1,5 тис.	2,5 тис.	10 тис.	15-20 тис.
Середовище існування	Морські водойми	Прісні та морські водойми	Прісні водойми	Ґрунт, прісні та морські водойми
Представники	Саргас, макроцистік	Порфіра, немаліон	Навікула, цимбела	Хламідомонада, вольвокс, ульва
Тип слані	Багатоклітинні	багатоклітинні	Черепашка, одноклітинні	Одно-багатоклітинні, колоніальні
Пігменти	Фукоксантин, віолаксантин	Фікоціан, фікоеритрин	фукоксантин	Хлорофіл
Запасні речовини	Ламінарин, маніт	Каротини, ксантофіли	Олія, волютин	Крохмаль, олії
Спосіб розмноження	Веgetативне, безстатеве, статеве	Безстатеве, статеве	Веgetативне, статеве	Веgetативне, статеве, безстатеве

Класифікація водоростей є складною і різноманітною, оскільки вони включають різні групи організмів з відмінними характеристиками. Водорості класифікуються за різними критеріями, включаючи пігменти, запаси поживних речовин, клітинну структуру та інші морфологічні та фізіологічні ознаки. Ось основні групи водоростей:

1. Зелені водорості (Chlorophyta)(Рис.1.1):

- Хлорококові (Chlorococcales): одноклітинні або колоніальні водорості.
- Вольвоксові (Volvocales): колоніальні водорості, деякі види можуть утворювати багатоклітинні колонії.
- Улотриксіві (Ulothrichales): нитчасті водорості, часто зустрічаються у прісній воді.

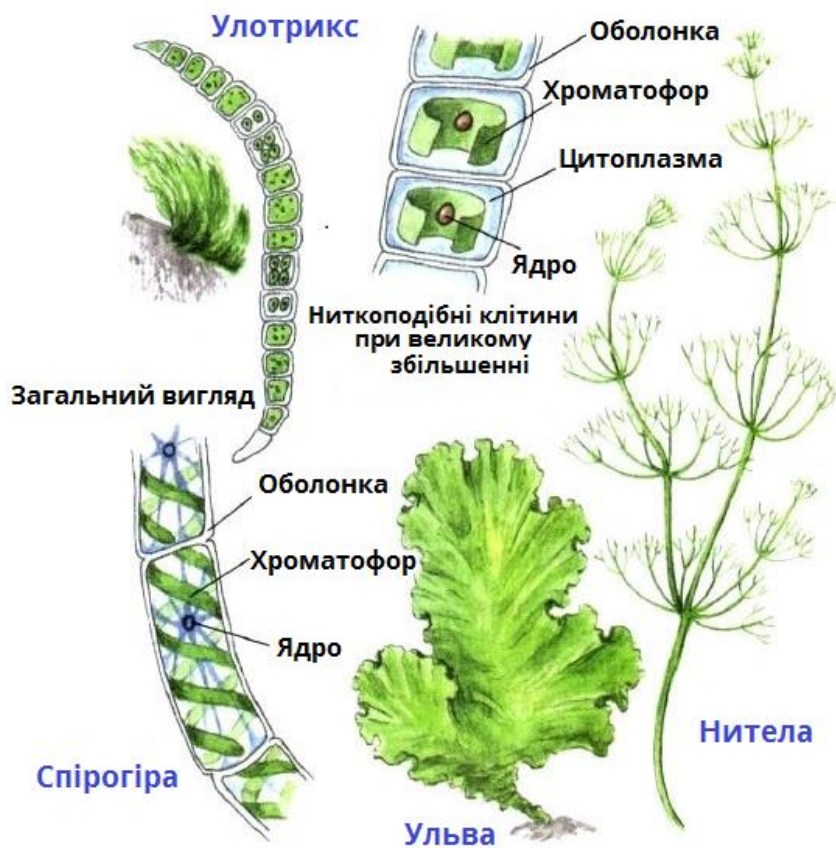


Рис.1.1 – Зелені водорості (Chlorophyta)

2. Бурі водорості (Phaeophyceae)(Рис.1.2):

- Включають великі морські водорості, такі як ламінарії та фукуси.
- Основний пігмент: фукоксантин.

3. Червоні водорості (Rhodophyta):

- Переважно морські водорості, включають такі групи, як корелінові та флоридові.
- Основні пігменти: фікоеритрин і фікоціанин.



Рис.1.2 - Бурі водорості (Phaeophyceae)

3. Діатомові водорості (Bacillariophyta)(Рис.1.3):

- Одноклітинні водорості з кремнеземними панцирами.

- Широко поширені в прісній та морській воді.

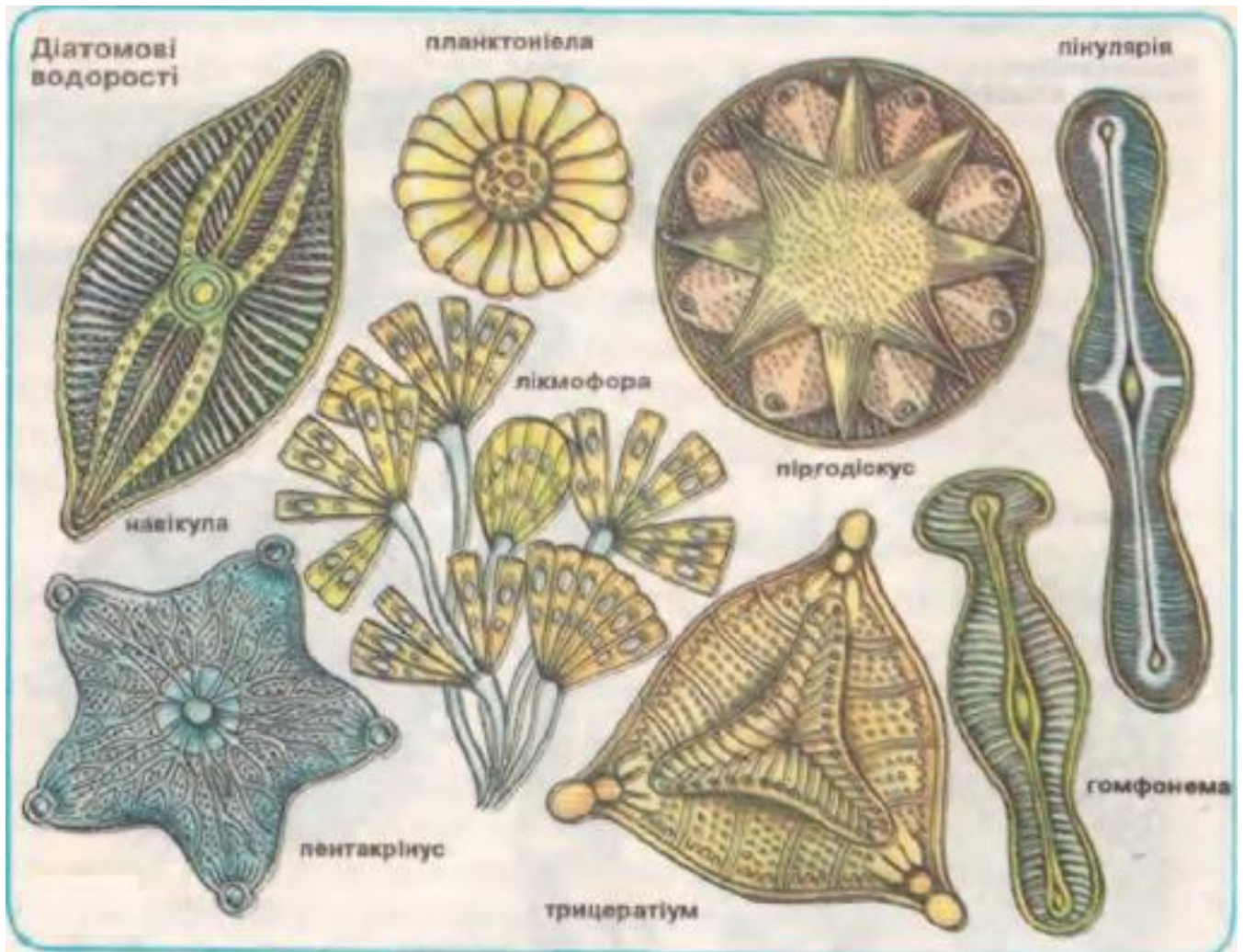


Рис. 1.3 - Діатомові водорості (Bacillariophyta)

4. Динофлагеляти (Dinophyta)(Рис.1.4):

- Одноклітинні водорості, що мають два джгутики.
- Багато видів здатні до біоломінесценції.

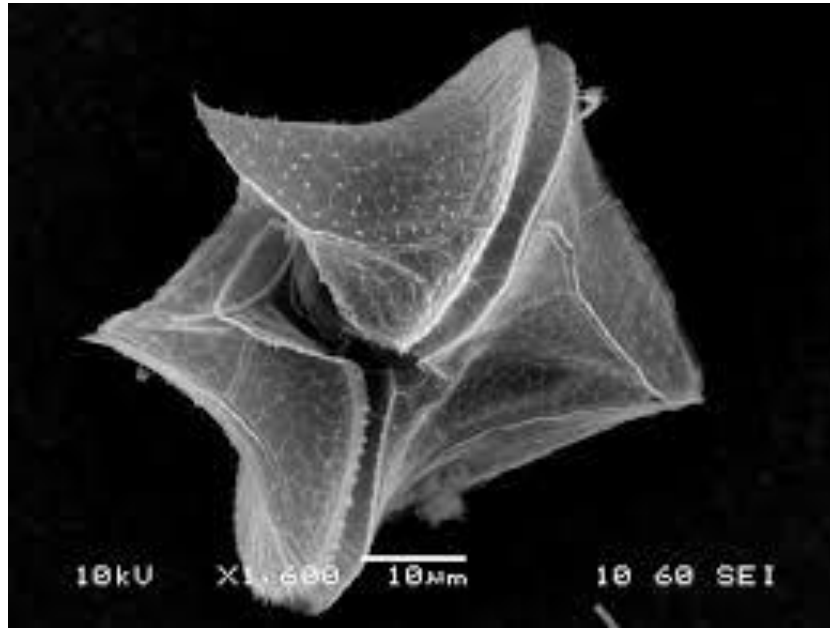


Рис. 1.4 – Динофлагеляти (Dinophyta)

5 Золотисті водорості (Chrysophyta)(Рис.1.5):

- Включають різноманітні групи, як-от жовто-зелені водорості (Xanthophyceae) і золотисті водорості (Chrysophyceae).
- Основні пігменти: каротиноїди і ксантофіли.

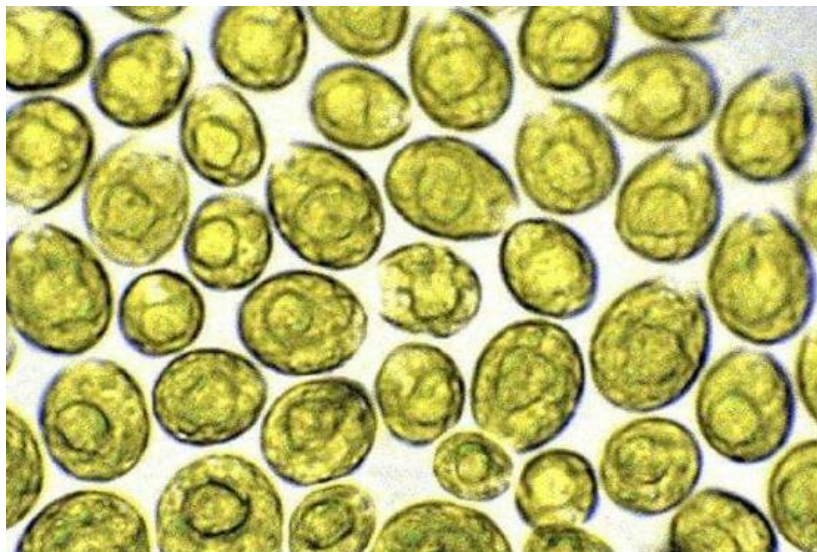


Рис. 1.5 - Золотисті водорості (Chrysophyta)

6. Евгленові водорості (Euglenophyta)(Рис.1.6):

- Одноклітинні організми, що можуть пересуватись за допомогою джгутиків.

- Мають хлорофіли а та b.



Рис.1.6 - Евгленові водорості (Euglenophyta)

Класифікація водоростей часто переглядається і оновлюється через нові відкриття та методи дослідження, такі як генетичний аналіз, що дозволяє точніше визначити їхні еволюційні зв'язки. [2-3]

1.3 Основні біологічні характеристики водоростей

Загальною ознакою всіх водоростей є наявність хлорофілу. Крім хлорофілу водорості можуть містити й інші пігменти (фікоціан, фікоеритрин, каротин, ксантофіл, фіко-сантин). Ці пігменти надають водоростям червоного,

бурого, жовто-зеленого кольору, маскуючи основний зелений. Наявність пігментів у клітинах водоростей забезпечує автотрофний тип живлення. Проте багато водоростей здатні за певних умов переходити на гетеротрофне живлення (евгленові — в темряві) або поєднувати його з фотосинтезом (міксотрофний тип живлення). [2-4]

Кількість видів водоростей перевищує 40 тис. Проте класифікація їх не завершена, оскільки не всі форми достатньо вивчені. У нашій країні прийнято поділяти водорості на 10 відділів: синьозелені, пірофітові, золотисті, діатомові, жовтозелені, бурі, червоні, евгленові, зелені, харові. Найбільшу кількість видів налічують зелені (13—20 тис.) і діатомові (10 тис.) водорості.

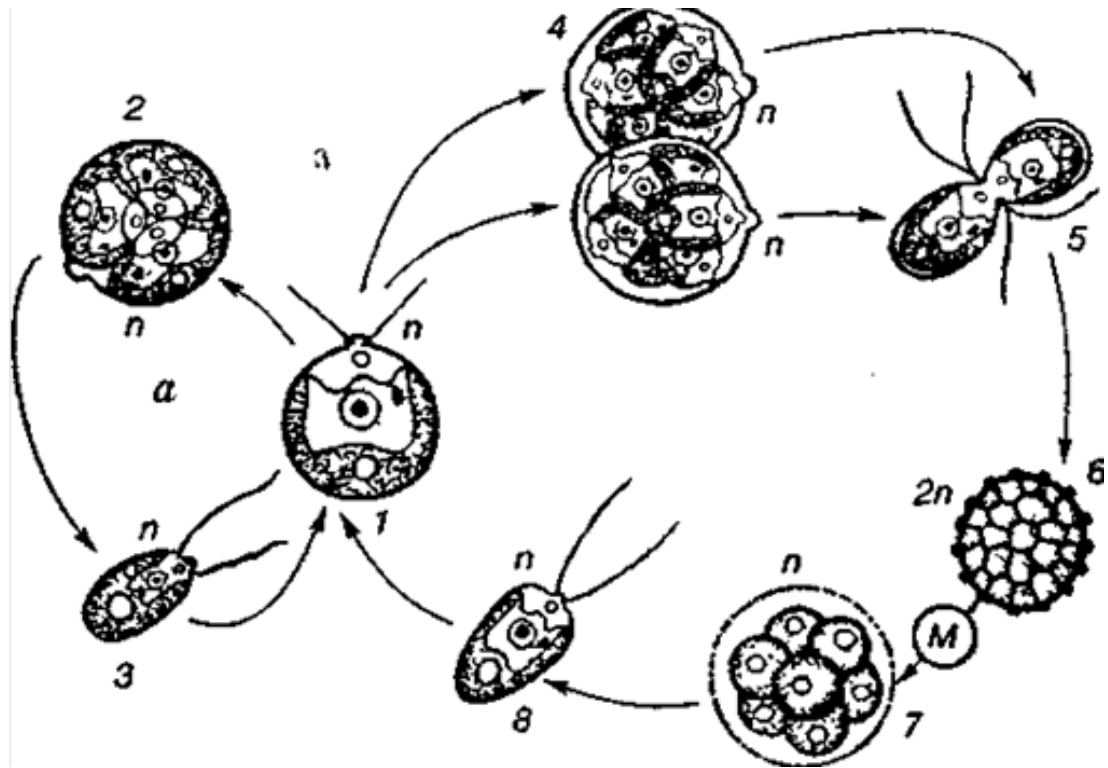


Рис. 1.7 - Загальна характеристика нижчих рослин — водоростей. Особливості біології зелених водоростей. Життєвий цикл хламідомонади: а — безстатеве розмноження; б — статеве розмноження; М ~ мейоз; 1 — вегетативна особина; 2 — утворення зооспор; 3 — зооспори; 4 — утворення

гамет; 5 — копуляція гамет; 6 — зигота; 7 — проростання зиготи; 8 — зооспора.

Поділ водоростей на відділи збігається зазвичай з їхнім забарвленням, яке, як правило, пов'язане з особливостями будови клітин і слані. [4]

Будова, склад і властивості клітинних компонентів водоростей характеризуються великою різноманітністю. У процесі еволюції природний добір зберіг найперспективніші форми, в тому числі такий тип клітинної організації, який дав змогу рослинам перейти до наземного способу життя.(рис2.7)

Розмноження водоростей буває вегетативним, безстатевим (за допомогою спор) і статевим. У одного й того самого виду залежно від умов і пори року способи розмноження різні. При цьому спостерігається зміна ядерних фаз — гаплоїдної і диплоїдної.

Сприятливими умовами для зростання водоростей є наявність світла, джерел вуглецю та мінеральних солей, а основним середовищем життя для них є вода. Значний вплив на життя водоростей мають температура, солоність води тощо. [3-5]

За місцем зростання водорості поділяють на дві великі групи: ті, що живуть у водоймах, та ті, що живуть поза водоймами. Серед тих, що живуть у водоймах, виділяють такі екологічні групи: планктон — дуже дрібні водорості, які знаходяться в товщі води у завислому стані (хламідомонада, вольвокс, пандорина, мікроцистіс); бентос — водорості, що живуть на дні водойм (харові, багато діатомових); перифітон — водорості, якими обростають підводні предмети або вищі рослини водойм (кладофора, червоні та бурі водорості морів). Населяють водорості і гарячі джерела, а також водойми з підвищеною концентрацією солей. [4-5]

Водорості, що живуть поза водоймами, також поділяють на групи: ґрунтові (едафітон) — живуть у ґрунті або на ґрунті (ботридій, деякі вошерії), у ґрунті живе понад 700 видів водоростей з різних відділів; наземні (аерофітон) — на корі дерев, на скелях (трентеполія, плеврокок).

Багато водоростей вступають у симбіотичні зв'язки з іншими представниками рослинного й тваринного світу. Особливе місце тут належить симбіозу водоростей з грибами. У цьому симбіозі виникає така біологічна єдність двох організмів, що призводить до появи третього — лишайника, який відрізняється і від першого, і від другого. [4-5]

2 БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КУЛЬТИВУВАННЯ ВОДРОСТЕЙ

В останні роки отримано низку перспективних штамів планктонних водоростей (рис. 2.8), які добре розвиваються на мінеральних середовищах з додавкою витяжки гною і комунально-побутових стічних вод, що забезпечують високий приріст біомаси. Технологічні штами виділено у протококових водоростей — хлорели (*Chlorella vulgaris*, *Chl. pyrenoidosa*) і сценедесмуса (*Scenedesmus obliquus*). Ці штами досить стійкі до несприятливих умов середовища, можуть бути використані у різних кліматичних зонах, але найкращі результати отримано в південних районах, де тривалість їх вирощування досягає 7—9 міс. [6-7]

Культивують протококові водорості в установках відкритого і закритого типів, для мінерального та органічного насичення яких використовують відходи харчової промисловості, тваринницьких і птахівницьких ферм, побутові і промислові стічні води, що дає змогу знизити собівартість водорослевої продукції на 60-80 %. Продуктивність установок відкритого типу коливається від 13 до 28 г/м³ сухої маси водоростей за добу. За 5—6 діб товщина шару суспензії водоростей досягає 10—15 см, щільність — 40—60 млн клітин в 1 мл. У разі використання природних джерел із сірководневою, субтермальною, сульфатно-натрієво-кальцієвою водою на 6—8 добу щільність культури досягає 90 млн клітин в 1 мл. [6-7]

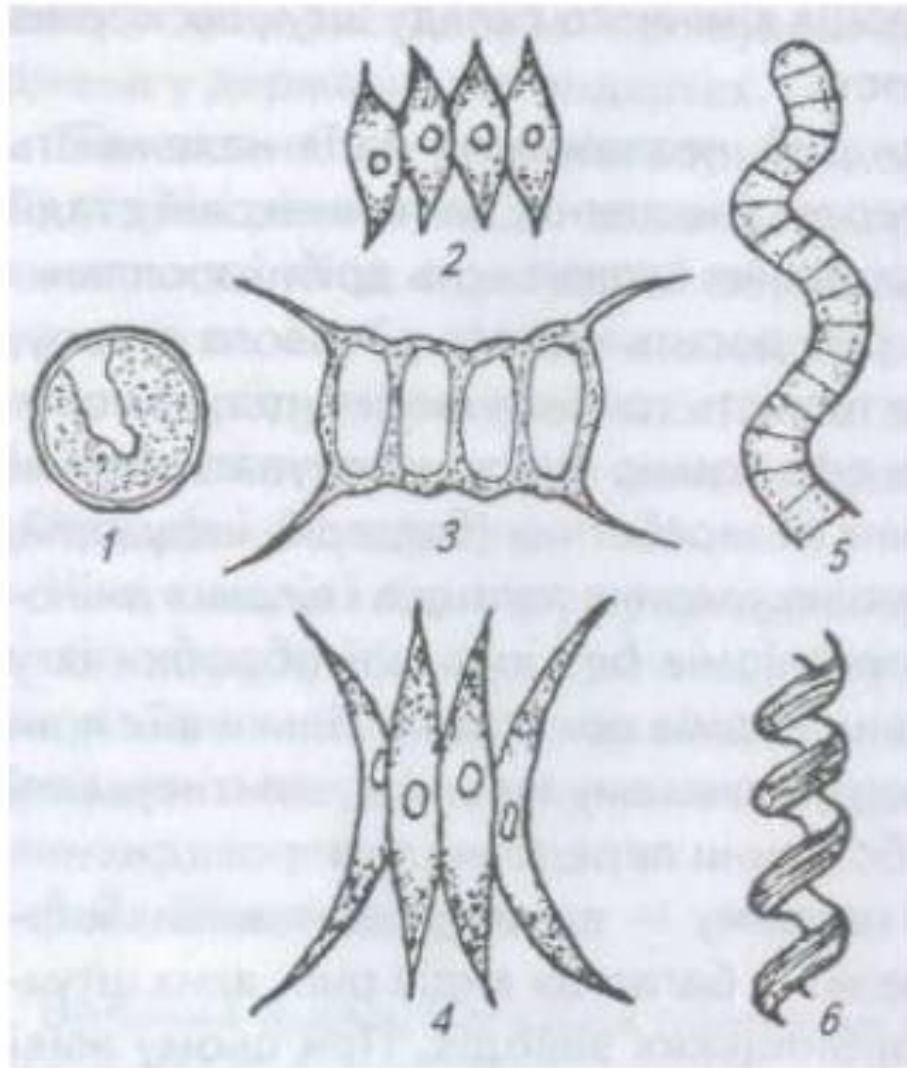


Рис. 2.8 - Головні об'єкти масового культивування мікробіодоростей: 1— хлорела; 2 — 4 — сценедесмус; 5,6 — спіруліна

За умов безперервної роботи упродовж року з 10 га робочої поверхні установки можна отримати врожай 40—50 т сухої біомаси мікробіодоростей. Слід підкреслити, що крім отримання корисної кормової продукції водоростей відбувається інтенсивне очищення води. [6-8]

У культиваторах закритого типу місткістю 1,5 м³ з добавлянням до середовища стічних вод тваринницьких комплексів отримують культуру

хло-рели і спіруліни щільністю до 100 млн клітин в 1 мл, а з додаванням курячого посліду продуктивність їх зростає на 15—18 %. Виявлено досить тривалу стійкість спіруліни до азотного голодування (до 54 діб), після чого в разі вміщення її у насичене ним середовище процеси синтезу органічних сполук повністю відновлюються. [6-8]

2.1 Морфологічні та фізіологічні особливості водоростей

Морфологічні особливості водоростей є дуже різноманітними і можуть значно варіюватися між різними групами. Ось основні морфологічні особливості водоростей:

1. Клітинна форма і розмір:

- Одноклітинні: Водорості можуть бути одноклітинними, як наприклад, хламідомонада (*Chlamydomonas*), евглена (*Euglena*).

- Колоніальні: Деякі водорості, такі як вольвокс (*Volvox*), утворюють колонії, де клітини з'єднані між собою, але залишаються окремими.

- Нитчасті: Наприклад, улотрикс (*Ulothrix*) та спирогіра (*Spirogyra*) мають нитчасту структуру, де клітини утворюють довгі ланцюги.

- Багатоклітинні: Великі морські водорості, такі як ламінарія (*Laminaria*) та макроцистіс (*Macrocystis*), можуть досягати значних розмірів і мати складну будову.

2. Клітинні оболонки:

- Склад: Клітинні стінки водоростей можуть складатися з целюлози, пектину, агару, альгінової кислоти або кремнезему (у діатомових водоростей).

- Капсули: Деякі одноклітинні водорості мають капсули або слизові оболонки, що захищають клітину.

3. Хлоропласти:

- Форма і кількість: Хлоропласти водоростей можуть мати різноманітні форми (спіральні у спирогіри, зірчасті у зигнеми) і різну кількість (від одного до кількох).

- Тилакоїди: Розташування тилакоїдів може відрізнятися, що впливає на ефективність фотосинтезу.

4. Органели руху:

- Джгутики: Багато водоростей мають один або кілька джгутиків, які забезпечують рухливість (наприклад, хламідомонада).

- Війки: У деяких груп можуть бути війки, які також сприяють руху.

5. Структури для прикріплення:

- Ризоїди: Водорості, що живуть на субстратах, можуть мати ризоїди для прикріплення (наприклад, у ламінарії).

- Стебловидні структури: Деякі водорості мають стебловидні частини, які допомагають їм утримуватися на поверхні води.

6. Вакуолі:

- Вакуолі можуть містити запасні поживні речовини, продукти обміну або регулювати осмотичний тиск.

7. Види розгалуження:

- Водорості можуть мати різні типи розгалуження (дихотомічне, моноподіальне), що впливає на їхню морфологію та екологічну роль.

8. Слань (талом):

- Проста слань: У найпростіших форм слань може бути нерозчленованою і одноклітинною.

- Складна слань: У великих водоростей слань може бути дуже складною з різними спеціалізованими частинами (листоподібними, стеблородібними).

Ці морфологічні особливості дозволяють водоростям адаптуватися до різних умов середовища, включаючи різні типи водних середовищ, освітлення та наявність поживних речовин. [8-9]

Водорості мають кілька фізіологічних особливостей, які забезпечують їхнє виживання та розмноження в різних середовищах. Ось основні фізіологічні особливості водоростей:

1. Фотосинтез:

- Основний процес: Водорості, як і рослини, здійснюють фотосинтез, використовуючи світло для перетворення вуглекислого газу та води в органічні речовини.

- Пігменти: Водорості використовують різні пігменти для захоплення світла, включаючи хлорофіли (a, b, c, d), каротиноїди, фікобіліни (фікоеритрин і фікоціанін).

2. Дихання:

- Аеробне дихання: Більшість водоростей використовують кисень для окислення органічних речовин і отримання енергії.

- Анаеробні умови: Деякі водорості можуть виживати в анаеробних умовах, використовуючи інші механізми для отримання енергії.

3. Осморегуляція:

- Вакуолі: Водорості використовують вакуолі для регулювання осмотичного тиску та зберігання поживних речовин.

- Іонні насоси: Водорості використовують іонні насоси для підтримання іонного балансу в клітинах.

4. Запасання поживних речовин:

- Полісахариди: Водорості запасують енергію у вигляді різних полісахаридів, таких як крохмаль (зелені водорості), ламінарин (бурі водорості) та флоуридин (червоні водорості).

- Ліпіди: Деякі водорості запасують енергію у вигляді ліпідів.

5. Розмноження:

- Безстатеве розмноження: Включає поділ клітин, утворення спор та фрагментацію.

- Статеве розмноження: Утворення гамет, які зливаються для утворення зиготи, зокрема в умовах стресу для забезпечення генетичної різноманітності.

6. Фототаксис і хемотаксис:

- Фототаксис: Деякі водорості, наприклад, евглена, можуть рухатися до джерела світла, використовуючи джгутики.

- Хемотаксис: Рух до або від хімічних речовин у середовищі.

7. Фіксація азоту:

- Ціанобактерії: Деякі водорості, такі як ціанобактерії, можуть фіксувати атмосферний азот, перетворюючи його в аміак, що доступний для їхнього метаболізму.

8. Симбіоз:

- Симбіотичні відносини: Деякі водорості живуть у симбіозі з іншими організмами, наприклад, з грибами (лишайники) або коралами, де вони забезпечують фотосинтетичні продукти.

9. Захист від стресових умов:

- Синтез захисних сполук: Водорості можуть синтезувати різні захисні сполуки, такі як антиоксиданти, щоб захищатися від ультрафіолетового випромінювання та інших стресових факторів.

- Споріві форми: У несприятливих умовах деякі водорості утворюють спори або цисти, які є стійкими до екстремальних умов і можуть проростати при покращенні умов.

10. Метаболічна гнучкість:

- Міксотрофія: Деякі водорості можуть перемикатися між автотрофним та гетеротрофним способом живлення залежно від умов середовища.

Ці фізіологічні особливості забезпечують водоростям високу адаптивність і здатність до виживання в різноманітних умовах середовища, від прісної та морської води до наземних екосистем. [10]

2.2 Методи культивування водоростей (закриті системи, відкриті системи, фотобіореактори)

Культивування водоростей є важливим для досліджень та комерційного використання. Методи культивування водоростей включають різні підходи в залежності від мети культивації, типу водоростей та умов середовища. Ось основні методи культивування водоростей:

- **Лабораторні методи.** Лабораторні методи культивування водоростей забезпечують контрольовані умови для дослідження їх біології, фізіології та використання у промислових цілях. Ось основні лабораторні методи культивування водоростей:

1. Культивування у пробірках та колбах:

- Малий об'єм: Пробірки і невеликі колби (до 1 л) використовуються для підтримки чистих культур. Пробірки заповнюють рідким або твердим поживним середовищем, на якому водорості можуть рости.

- Контроль умов: Температура, освітлення і аерація можуть бути легко контрольовані. Пробірки та колби зазвичай розміщують у термостатах або на світлових стелажах.

- Перемішування: Колби часто ставлять на шейкери для забезпечення рівномірного розподілу світла та поживних речовин.

2. Планктони та багатоклітинні культури у колбах і банках:

- Середній об'єм: Колби та банки об'ємом до декількох літрів використовуються для культивування більших обсягів водоростей.
- Аерація: Використовуються системи для аерації, такі як повітряні камери або насоси, які подають стерильне повітря для забезпечення газообміну.
- Контроль параметрів: Параметри, як-от рН, температура та інтенсивність освітлення, підтримуються на оптимальному рівні для конкретного виду водоростей.

3. Фотобіореактори:

- Трубчаті фотобіореактори: Прозорі трубки, в яких циркулює культуральна рідина. Забезпечують максимальне освітлення і дозволяють вирощувати водорості в умовах контролю температури і газообміну.
- Пластинчасті фотобіореактори: Плоскі прозорі контейнери, що забезпечують добрий контакт культури з освітленням. Використовуються для вирощування одноклітинних водоростей.
- Стовпчасті фотобіореактори: Вертикальні колони, що дозволяють економити простір та забезпечують ефективний газообмін і освітлення.

4. Культивування на твердих середовищах:

- Агарові пластинки**): Використовуються для ізоляції і підтримки чистих культур водоростей. Водорості наносяться на поверхню агару і інкубуються під відповідним освітленням і температурою.
- Колонії: Дозволяють спостерігати за ростом окремих колоній і визначати їхні характеристики.

5. Методи мікроскопічного культивування:

- Мікроскопічні слайди: Водорості культивують на мікроскопічних слайдах під покривним склом, що дозволяє спостерігати за їх ростом і розвитком під мікроскопом.

- Мікрочіпи: Використовуються для високоточного культивування водоростей у мікроскопічних каналах, дозволяючи детальний аналіз їхньої поведінки.

6. Контрольовані системи для експериментальних досліджень:

- Пілотні установки: Маленькі версії промислових систем, що дозволяють тестувати різні умови і методи культивування перед масштабуванням.

- Автоматизовані системи: Використання роботизованих систем для підтримання культури, моніторингу умов і збору даних.

- Пробірковий метод: Використовується для невеликих об'ємів культур, зазвичай у пробірках або колбах, наповнених рідким поживним середовищем. Підходить для підтримки чистих культур і проведення експериментів.

- Ферментери: Використовуються для більшого об'єму культур, де контролюються умови, такі як температура, освітлення, аерація і рН. Це дозволяє досягти високої щільності культури.

Ці методи забезпечують можливість створення ідеальних умов для культивування водоростей, що дозволяє дослідникам точно контролювати змінні і проводити репродуктивні експерименти. [10-12]

- **Відкриті системи:**

- Ставки і лагуни: Водорості культивуються у великих відкритих водоймах. Це дешевий метод, але він менш контрольований і схильний до забруднення та коливань кліматичних умов.

- Рейсвейні ставки. Це спеціально розроблені неглибокі ставки з системами перемішування води. Вони дозволяють підтримувати рівномірний розподіл поживних речовин і світла. [10-12]

Відкриті системи культивування водоростей широко використовуються для виробництва великої кількості біомаси, особливо для промислових цілей. Вони включають різноманітні методи, що дозволяють вирощувати водорості в

умовах, близьких до природних. Відкриті системи культивування водоростей ефективно використовуються для масового виробництва, особливо коли необхідно виробляти великі обсяги біомаси при відносно низьких витратах. [10-12]

- **Закриті системи:**

- Фотобіореактори: Спеціально сконструйовані системи, які забезпечують контрольоване середовище для росту водоростей. Існують різні типи фотобіореакторів:

- Трубочаті фотобіореактори: Складаються з прозорих трубок, де циркулює культуральна рідина. Забезпечують максимальне освітлення і мінімальний ризик забруднення.

- Пластинчасті фотобіореактори: Плоскі, прозорі системи, що забезпечують оптимальне освітлення і газообмін.

- Стовпчасті фотобіореактори: Вертикальні стовпи, що займають менше місця і забезпечують добру аерацію та освітлення.

Закриті системи культивування водоростей забезпечують більш контрольоване середовище для вирощування водоростей, що дозволяє досягати високої продуктивності і якості біомаси. Ці системи мінімізують ризики забруднення і забезпечують оптимальні умови для росту. Закриті системи культивування водоростей особливо підходять для виробництва високоякісних продуктів, таких як біологічно активні речовини, пігменти, харчові добавки та фармацевтичні препарати. [10-12]

- **Субстратні методи:**

- Сітчасті субстрати: Водорості вирощуються на сітках або інших поверхнях, занурених у воду. Використовується для видів, що прикріплюються до поверхонь.

- Матриці та мембрани: Використовуються для культивування одноклітинних водоростей на різних матеріалах, що забезпечують велику поверхню для росту. [10-12]

Субстратні методи культивування водоростей передбачають вирощування водоростей на поверхні або всередині спеціальних матеріалів, що забезпечують велику площу для прикріплення та росту. Ці методи ефективні для видів водоростей, які зазвичай прикріплюються до поверхонь у природних умовах. Субстратні методи культивування водоростей особливо корисні для виробництва високоякісних продуктів, таких як харчові добавки, фармацевтичні препарати та біоактивні речовини, де важливо підтримувати чистоту культури та контролювати умови культивування. [10-14]

- **Методи з використанням гідропоніки:**

- Гідропонні системи: Використовуються для культивування водоростей разом із вищими рослинами, де водорості збагачують середовище киснем та поживними речовинами.

Гідропоніка, хоча традиційно асоціюється з вирощуванням наземних рослин у водних розчинах поживних речовин, також може бути застосована для культивування водоростей. Методи з використанням гідропоніки для вирощування водоростей передбачають створення контрольованого середовища, яке забезпечує оптимальні умови для їх росту. Гідропонічні системи культивування водоростей використовуються для виробництва високоякісних продуктів, таких як харчові добавки, фармацевтичні препарати, біопаливо та інші біотехнологічні продукти. Вони дозволяють створювати контрольоване середовище для оптимального росту водоростей, що є важливим для забезпечення стабільної якості і кількості біомаси. [11-15]

- **Комбіновані методи:**

- Інтегровані аквакультурні системи: Використання водоростей у поєднанні з вирощуванням риб або інших водних організмів. Водорості можуть поглинати надлишок поживних речовин, покращуючи якість води. [11-13]

Комбіновані методи культивування водоростей інтегрують різні техніки та системи для оптимізації росту, продуктивності та ефективності використання ресурсів. Вони дозволяють адаптувати процеси до специфічних потреб і умов, забезпечуючи гнучкість у вирощуванні водоростей. Комбіновані методи культивування водоростей є перспективним напрямком для підвищення ефективності виробництва біомаси і продуктів з водоростей, особливо у великих промислових масштабах та в умовах обмежених ресурсів. [14-16]

Методи з використанням відходів:

- Біоочисні системи: Водорості використовуються для очищення стічних вод або біоремедіації. Це ефективний метод утилізації відходів і отримання біомаси водоростей.

Використання відходів у культивуванні водоростей може бути ефективним способом зменшення витрат та покращення стійкості процесу. Це сприяє зменшенню відходів та оптимізації використання ресурсів. [14-16]

Кожен метод культивування має свої переваги та недоліки, і вибір методу залежить від цілей культивації, типу водоростей та наявних ресурсів.

3 ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДОРОСТЕЙ

Водорості – це найдавніші організми, що населяють нашу планету. На початку розвитку життя на Землі водорості були першими фотосинтезуючими рослинами, які здійснили важливу роль – збагатили атмосферу киснем. Це створило передумови для розвитку наземних рослин і тварин. Саме водорості дали початок рослинам, що вийшли на суходіл. [17]

Водорості – потужні утворювачі органічної речовини, початкова ланка харчового ланцюга біоценозів водойм. За рік водорості утворюють в середньому 550 млрд т органічної речовини.

Червоні водорості є утворювачами рифів. Давній бар'єрний риф, що тягнеться від м. Броди Львівської області до м. Кам'янець-Подільський Хмельницької області, одержав назву Товтри. Рифові вапняки – цінний будівельний матеріал. (Рис.3.9) [17]



Рис. 3.9 – Рифовий вапняк

Із рифами пов'язані поклади алюмінію, бокситів, нафти. Завдяки водоростям ми маємо крейду, якою пишемо. Водоростям належить помітна роль у кругообігу Кальцію та Силіцію. Відмерлі водорості утворюють органічний мул сапропель, який широко використовують як добриво. [17-18]

За багато тисячоліть із черепашок вимерлих водоростей утворились товщі вапняків потужністю до 200 м. У Австралії є гори, що виникли завдяки водоростям. Їх висота близько 1 100 м.

У сприятливі періоди водорості, особливо одноклітинні, здатні швидко розмножуватися і викликати “цвітіння” води. В 1 см³ води може міститися майже 1 млн клітин водоростей. Вода набуває зеленого кольору. Таке явище згубно діє на рибу та інші живі організми водойм. Шкідлива така вода і для людини. Щоб уникнути отруєнь, не слід вживати воду з відкритих водойм. Надмірне розростання водоростей заважає судноплавству, роботі шлюзів. [18]

Широко використовує водорості людина. Особливо велике значення мають бурі, червоні та зелені водорості. Із них одержують лаки і фарби, ліки та їжу (ламінарія), папір і тканини, йод, бром і замінники крові, клей і пластмаси, корм для худоби, агар-агар, добрива. Агар-агар – драглиста речовина, яку використовують для виробництва желе, мармеладу, морозива тощо. Значної кількості агару потребує мікробіологічна промисловість. Зелені водорості, зокрема хламідомонаду, використовують для біологічних методів очищення стічних вод. На основі хлорели виготовляють цінні харчові та вітамінні добавки для людини і тварин. [17-18]

Діатоміти, утворені з діатомових водоростей, являють собою пухку та пористу осадову породу білого або світло-сірого кольору, що має високу поглинальну здатність. (Рис.3.10) Їх широко використовують у будівництві для виробництва легкої цегли та добавок до цементу. У медичній, хімічній та харчовій промисловості діатоміти застосовують у вигляді різноманітних

фільтрів. Якщо діатоміти просочити певними речовинами, то можна одержати вибухівку – динаміт, що вперше зробив наприкінці XIX ст. шведський інженер Альфред Нобель. [19]



Рис. 3.10 – Діатоміти

Водорості збагатили земну атмосферу киснем, що створило умови для життя на суходолі, і дали початок першим наземним рослинам. У сучасній біосфері водорості залишаються одним з основних джерел утворення кисню і є початковою ланкою живлення в усіх водних екосистемах. Людина навчилася використовувати водорості для своїх потреб. [19]

У морях уздовж узбережжя спостерігається значна різноманітність водоростей. Однією з них є ламінарія, або як її часто називають «морська капуста»(Рис.3.11). Ця водорість має високі харчові якості та цілющі властивості. Вона містить йод, який необхідний організму людини.

Для штучного розведення морської капусти влітку збирають “посівний” матеріал. Підсушують його і поміщають у штучні басейни зі зниженою

температурою води. Найчастіше такими басейнами слугують трюми старих кораблів. Це своєрідні «морські парники» для вирощування «розсади». [19]



Рис. 3.11 – Ламінарія

З водоростей виходить безліч зооспор. Води у басейнах небагато, хвиль немає, тому зооспори добре прикріплюються до накиданих туди предметів, на яких і відбувається розвиток морської капусти аж до утворення молодих особин. Восени «розсаду» виносять у море – от і плантація, «город». Урожай морської капусти визначають після висушування водоростей за їх сухою масою. З кожного гектара «морського городу» збирають близько 10 т висушеної маси.[20]

Використання водоростей має різноманітні напрямки, які охоплюють багато галузей від промисловості до науки і екології. Основні напрямки використання водоростей включають:

1. Харчова промисловість

- Водорості, такі як спіруліна, норі, хлорела та інші, використовуються як харчова добавка, вітаміни, мінерали та білки.

- Вони можуть бути включені в продукти харчування, такі як супи, суші, снеки, напої та інші.

2. Фармацевтична промисловість

- Водорості містять багато корисних сполук, таких як антиоксиданти, полісахариди, вітаміни та мінерали, які можуть бути використані у фармацевтичних препаратах.

- Деякі дослідження показують потенційні властивості водоростей у боротьбі з хворобами, такими як рак, захворювання серця та інші.

3. Косметична промисловість

- Екстракти з водоростей часто додаються до косметичних засобів, таких як креми, маски, лосьйони, через їхні властивості зволоження, живлення шкіри та боротьби з ознаками старіння.

4. Енергетика

- Водорості можуть бути використані для виробництва біопалива, такого як біодизель або біогаз.

- Водорості є джерелом біомаси, яка може бути перероблена у відновлювальну енергію.

5. Очищення довкілля

- Водорості можуть бути використані для очищення стічних вод від забруднюючих речовин, таких як важкі метали, аміак, фосфати тощо.

- Вони можуть бути також використані для очищення повітря від викидів шкідливих газів.

6. Аквакультура

- Водорості можуть служити як основа для харчування для риб, креветок, молюсків та інших морських і прісноводних організмів у промислових аквакультурних системах.

7. Наука та дослідження

- Водорості вивчаються для розвитку нових технологій у біотехнології, біоінженерії, біохімії та інших галузях.

- Вони можуть бути використані для дослідження в області фотосинтезу, метаболізму, генетики та біології.

8. Декоративне використання

- Деякі види водоростей можуть бути використані для декоративного оформлення акваріумів або дизайну ландшафту.

9. Живлення тварин

- Деякі водорості можуть бути використані для харчування домашніх тварин, птахів та інших домашніх улюбленців.

10. Гідропоніка та аквапоніка

- Водорості можуть бути використані як джерело поживних речовин у гідропонічних і аквапонічних системах для вирощування рослин.

Водорості мають великий потенціал у багатьох сферах життя, і їхнє використання постійно розширюється завдяки новим технологіям та дослідженням. [20-22]

Водорості широко використовуються як продукти харчування та харчові добавки завдяки їх багатому хімічному складу, який включає білки, вітаміни, мінерали, антиоксиданти та інші біологічно активні сполуки. Нижче описані основні види водоростей, які використовуються в харчовій промисловості та як харчові добавки, а також їхні корисні властивості.(табл.3.2) [23]

Поживна цінність - водорості багаті на білки, які містять всі незамінні амінокислоти, вітаміни (особливо групи B, C, D і E) та мінерали (залізо, кальцій, магній, йод).

Антиоксидантні властивості - водорості містять антиоксиданти, такі як фікоціанін у спіруліні та хлорофіл у хлорелі, які допомагають захищати клітини від пошкодження вільними радикалами. [23]

Табл. 3.2 - Види водоростей, які використовуються в харчовій промисловості, та їх корисні властивості

Вид водоростей	Опис	Харчова цінність	Використання
Спіруліна (Spirulina)	Синьо-зелені водорості, які вирощуються в прісній воді	Високий вміст білка (до 70% сухої маси), вітамінів (B1, B2, B3, B6, B12, C, D, E), мінералів (залізо, кальцій, магній) та антиоксидантів.	Додається в порошковому вигляді до смузі, напоїв, батончиків, таблеток і капсул як харчова добавка для підвищення енергії, імунітету та загального здоров'я.
Хлорела (Chlorella)	Одноклітинні зелені водорості, які вирощуються у прісній воді.	Високий вміст білка, хлорофілу, вітамінів (особливо B12) та мінералів.	Використовується в порошковій формі або у вигляді таблеток і капсул для детоксикації організму, поліпшення травлення та підвищення енергії.

Вид водоростей	Опис	Харчова цінність	Використання
Норі (Porphyra)	Червоні водорості, які вирощуються у морській воді	Високий вміст вітамінів (А, В, С), мінералів (йод, цинк) та білка.	Використовується для виготовлення суші, як закуска або добавка до супів і салатів.
Келп (ламінарія)	Бурі водорості, які ростуть у морській воді.	Високий вміст йоду, кальцію, магнію та інших мінералів.	Використовується у вигляді порошку або таблеток для підтримки здоров'я щитовидної залози, метаболізму та загального здоров'я
Дулсе (Palmaria palmata)	Червоні водорості, які виростають у холодних морях	Високий вміст білка, клітковини, вітамінів (А, В, С) та мінералів (залізо, кальцій, магній).	Використовується як закуска або добавка до салатів, супів та інших страв

Підтримка імунної системи - біологічно активні сполуки у водоростях, такі як полісахариди, можуть зміцнювати імунну систему та допомагати організму боротися з інфекціями. [24-25]

Детоксикація - водорості, особливо хлорела, можуть сприяти виведенню токсинів та важких металів з організму.

Покращення травлення - водорості багаті на клітковину, яка допомагає покращувати травлення та підтримувати здоров'я кишківника. [24-25]

Здоров'я щитовидної залози - водорості, такі як ламінарія, містять високий рівень йоду, необхідного для нормального функціонування щитовидної залози.

Використання водоростей як харчових добавок:

1. Порошкові добавки - водорості часто продаються у вигляді порошку, який можна додавати до смузі, напоїв, супів, салатів та інших страв.

2. Таблетки та капсули - водорості доступні у формі таблеток або капсул, що робить їх зручними для прийому як щоденну харчову добавку.

3. Закуси та снеки - водорості використовуються для виготовлення різних закусок, таких як сушені водорості (норі), чіпси та батончики.

Водорості є надзвичайно корисними продуктами харчування та харчовими добавками, що забезпечують організм необхідними поживними речовинами, підтримують здоров'я імунної системи, сприяють детоксикації та покращують загальне самопочуття. Завдяки своїй багатогранності, водорості знаходять широке застосування у харчовій промисловості та стають все популярнішими серед прихильників здорового способу життя. [24-25]

3.1 Фармацевтична промисловість: біоактивні речовини з водоростей

Мікрowodорості є важливим біологічним ресурсом, який має надзвичайно широкий спектр біотехнологічного використання. Активні сполуки, виділені з водоростей, використовують для виготовлення нутрицевтичних, фармацевтичних та косметичних препаратів. Водорості також активно застосовують у біоремідації, екологічному моніторингу та виробництві біопалива. Встановлено, що водорості є джерелом біологічно активних речовин,

серед яких поліненасичені жирні кислоти, похідні хлорофілу, полісахариди, фукоїди, глюкани, пектини, галактани, альгінова кислота, вітаміни, амінокислоти, протеїни, ферменти, рослинні стерини, каротиноїди, мікроелементи, тощо. Застосування сполук водоростевого походження у медицині й медичній промисловості сформувалося в три основні напрями:

1 – як допоміжні хіміко-фармацевтичні речовини для виробництва різних лікарських форм медичних препаратів,

2 – як медичні вироби у вигляді марлі, вати, серветок, губок, тощо для місцевого гемостазу при зовнішніх і внутрішньопорожнинних кровотечах,

3 – як лікарські засоби та БАДи до їжі різноспрямованої дії. Мікродорості є потенційним джерелом широкого спектру сполук (поліненасичені жирні кислоти, каротиноїди, фікобіліпротеїни, полісахариди, фікотоксини) з високою можливістю для біотехнологічних процесів. Серед багатьох видів водоростей, як прісноводних, так і морських, найбільшої популярності досягли – *Spirulina*, *Chlorella*, *Nostoc*, *Laminaria*, *Dunaliella* та інші. Практичне значення спіруліни, як біодобавки, полягає у високому вмісті білків, ліпідів, ліноленової кислоти, вітамінів (особливо B12), антиоксидантних сполук (каротиноїдів і фікоціанінів), мінералів (Mn, Zn, Se, I). [26]

Є дослідження, які підтверджують позитивний ефект препаратів із спіруліни при лікуванні анемії, серцево-судинних захворювань, гіпертензій, онкологічних захворювань. Сьогодні має місце масштабне промислове культивування *Spirulina* у відкритих водоймах у Китаї, США, Індії, Малайзії до 4000 т на рік. Водорості *Nostoc flagelliforme* і *Nostoc sphaeroides* китайці вживали ще 2000 років для профілактики та лікування діареї, гепатиту, гіпертензій. Ці види містять значну кількість білку, амінокислот (серед яких 8 є незамінними) та пігментів (хлорофілу і фікоціаніну). (Рис.3.12)

Сполука	Застосування	Водорість
Ненасичені жирні кислоти: ейкозапентаєнова кислота докозагексаєнова кислота γ-ліноленова кислота арахідонова кислота	харчові добавки, аквакорм дитячі суміші, харчові добавки, аквакорм харчові добавки харчові добавки	Pavlova, Phaeodactylus Crypthecodiumu, Schizochytrium Spirulina Porphyridium
Фікобіліпротейни: фікоціанін фікоеритрин	антиоксидант, барвник для продуктів харчування та косметичних засобів, флюоресцентний агент, засіб для біомедичних досліджень та діагностики	Spirulina platensis Porphyridium cruentum
Каротиноїди: β-каротин астаксантин	харчовий барвник, антиоксидант, протиракові властивості пігмент, антиоксидант	Dunaliella salina Haematococcus pluvialis
Мікоспоринові амінокислоти	УФ-фільтр, сонцезахисний ефект	Aphanizomenon flos- aquae
Полісахариди	протівірусні властивості, загущувач, флокулянт	Porphyridium cruentum
Фікотоксини – окадаїкова кислота, ессотоксин, гоніаутоксин	експериментальні засоби для дослідження нейродегенеративних захворювань	Dinoflagellates (Amphidinium, Prorocentrum, Dinophysis)
Ліпіди – триацилгліцероли, гідрокарбонати	високоенергетичні сполуки, біопалива	Chlorella protothecoides Botryococcus braunii

Рис. 3.12 – Мікрowodорості як потенційне джерело біологічно активних речовин

Хлорела є однією з найперспективніших мікрowodоростей, яку масово культивують для промислового виробництва нутрицевтиків у формі таблеток чи порошку. Перший експериментальний завод для виробництва продукції з хлорели був запущений в 1961 році у Японії, далі – у США, Ізраїлі, Чехословаччині. До 1980 року створено майже 46 заводів, які виробляли понад 1000 кг хлорели біомаси на місяць. Цінність *Chlorella* обумовлена, передусім, високим вмістом білків та ліпідів (відповідно до 51-58% і 20-23% сухої ваги), каротиноїдів та, майже, повноцінним набором вітамінів. Окрім цього, водорість

містить β -глюкан, який є активним імуностимулятором, і проявляє антиоксидантні властивості та ефект у зниженні ліпідів крові. У багатьох країнах – Австралії, Ізраїлі, США і Китаї – зелену водорість *Dunaliella salina* культивують у відкритих водоймах для виробництва β -каротину. Цієї сполуки може утворюватися до 14% від сухої біомаси водоростей. Було показано, що β -каротин з *Dunaliella* має вищу антиоксидантну активність, ніж синтетичні аналоги, проявляє антисклеротичний ефект, пригнічує окислення ліпідів низької щільності та захищає організм від впливу УФ-променів. Отже, перевага використання мікрводоростей для синтезу біоактивних молекул, в тому, що їх можна вирощувати на великомасштабному виробництві із регульованими та наперед спрямованими метаболічними процесами. Геномні наукові проекти дозволили створити трансгенні мікрводорості, такі як *Alexandrium*, *Chlamydomonas*, *Nostoc* та *Synechococcus*, для виробництва нових лікарських препаратів та ефективніших нутрицевтиків. Нами в останні роки досліджуються молекулярні та метаболічні механізми регульованого біосинтезу біологічно активних речовин – косметичних та фармацевтичних препаратів і компонентів біопалива водоростями в аквакультурі шляхом встановлення оптимального поєднання умов їх культивування та зовнішніх регуляторних чинників у таких напрямках: 1) генетичний аналіз та відбір організмів-агентів аквакультури, здатних ефективно синтезувати біологічно активні речовини; 2) встановлення оптимальних режимів освітлення, кисневого, вуглекислотного, азотного та фосфорного режимів і концентрацій йонів есенціальних металів та неметалів – регуляторів росту і розвитку, насамперед біосинтезу ліпідів та низькомолекулярних метаболітів; 3) встановлення рівня активності та спрямованості енергетичного, вуглеводного, азотистого та ліпідного метаболізму у клітинах відібраних потенційно біотехнологічно придатних водоростей та обґрунтування на їх основі технології регулювання біосинтезу

біологічно активних сполук фізико-хімічними чинниками культивування. 4) дослідження кількісного та якісного складу вуглеводів, білків, ліпідів та низькомолекулярних метаболітів за дії визначених фізико-хімічних чинників; 5) розроблення технологій культивування, отримання біологічно активних речовин в аквакультури та оцінка їх біологічної активності. [26-27]

3.2 Енергетика: виробництво біопалива з водоростей

Людство завжди потребувало, потребує і буде потребувати для свого комфортного існування енергетичні ресурси. При цьому, в процесі еволюції світового суспільства потреба в цих ресурсах значно зростає. Разом з тим, якщо на початку науково-технічного прогресу головною метою був видобуток енергії будь-яким чином, то згодом, коли людство почуло перші дзвіночки з боку екологічної ситуації, почало еволюціонувати і мислення людини щодо необхідності змін в області енергетики. З'являється так звана «The Green Economy» («Зелена економіка») з її аксіомами про те, що все на поверхні Землі є взаємопов'язаним, що неможливо нескінченно розширювати сферу впливу в обмеженому просторі та неможливо вимагати задоволення нескінченно зростаючих потреб в умовах обмеженості ресурсів. Її головна концепція – збереження благополуччя суспільства за рахунок ефективного використання природних ресурсів, а також забезпечення повернення продуктів кінцевого користування у виробничий цикл. Тобто, «Зелена економіка» спрямована на економне споживання нафти і газу та раціональне використання невичерпних ресурсів. Це був перший крок в пробудженні свідомості людства по відношенню до того, що ми залишимо нащадкам. [28-30]

Але зрозуміло, що «Зелена економіка» має обмежені перспективи. Тому, в останнє десятиріччя починає динамічно розвивається новий напрямок – «The Blue Economy» («Синя економіка»). Сьогодні «Синя економіка» – це тип господарського мислення, який у своїй книзі «Синя Економіка: 10 років, 100 інновацій, 100 мільйонів робочих місць» пропонує бельгійський підприємець Гюнтер Паулі. Згідно з думкою Г. Паулі, людство може знайти достатньо прості й дешеві рішення в умовах обмежених ресурсів, не завдаючи шкоди довкіллю, просто уважніше придивившись до того, як все влаштовано в природі. Мета «Синьої економіки» – знайти інноваційні рішення, які є безпечними для довкілля і суспільства. На даний час цьому напрямку присвячені сотні публікацій і патентів, розроблено нові технології, створено сотні науково-виробничих компаній у різних країнах світу.

Так, одним з дуже важливих напрямів «Синьої економіки» є глибока промислова переробка водоростей з морських, річкових, озерних і штучних водоймищ з метою отримання широкого асортименту цінних продуктів. На сьогоднішній день важко перелічити всі області застосування водоростей у повсякденному житті сучасного світу. Це і медицина, косметологія, тваринництво і навіть космічний простір. Але найбільше розповсюдження водорості знайшли у харчуванні. З них виготовляють корисні БАДи або додають до страв в оригінальному вигляді, оскільки вони мають гарні смакові якості та містять повноцінний білок, який легко засвоюється. Окремим напрямом їх використання, на який сьогодні треба звернути увагу, є біоенергетика. Найбільш актуальним в даний час є розробка підходів до промислового виробництва біопалив «третього» покоління, заснованих саме на використанні біомаси водоростей. Розглянемо фактори, які вказують на доцільність використання водоростей як сировини. [28-30]

1. Водорості є джерелом масел, протеїнів, вуглеводів, а також відмінною сировиною для виробництва заміника природного газу та інших енергетичних продуктів.

2. Енергетичний потенціал водоростей в 50-100 разів перевищує потенціал олійних культур (ріпаку, соняшнику), які є відомою сировиною для отримання біодизелю. Відомо, що на один гектар соняшник дає 0,8 тонн масла, ріпак – 1 тонну, а мікрководорість хлорела – 79,3 тонни.

3. Водорості ростуть в 20-30 разів швидше наземних рослин (деякі види мікрководоростей можуть подвоювати свою біомасу кілька разів на добу).

4. Безвідходність виробництва – в процесі переробки сировини використовується вся біомаса водоростей.

5. Витрати на вирощування водоростей на порядки менше витрат на вирощування олійних культур, особливо якщо врахувати, що використовується теплова енергія (для підігріву води в розпліднику у разі необхідності) і вуглекислий газ є побічними продуктами основного виробництва.

6. Відсутність у водоростей твердої оболонки і лігніну робить їх переробку в рідкі палива більш простою і ефективною.

7. Можливість вирощування водоростей у всіх водах (прісній, солоній, стічній та ін.). Тут також слід відзначити здатність водоростей очищати навколишнє середовище від забруднень, оскільки вони здатні використовувати для харчування забруднені нітратами і фосфатами стічні води, поглинати оксиди азоту, якими так багаті промислові викиди. В процесі своєї життєдіяльності водорості перетворюють шкідливі речовини, що знаходяться у воді, в корисну речовину – біомасу. При цьому забруднена стічна вода не впливає на їх ріст.

8. Можливість промислового вирощування водоростей в фотобіореакторах або відкритих системах.

9. Це нехарчова біомаса, тому їх використання в такій якості не впливає на фактор продовольчої безпеки.

10. Екологічний ефект: водорості не тільки зменшують викиди парникових газів CO₂ (вони поглинають до 90% вуглекислого газу), але і відновлюють склад атмосфери в процесі своєї життєдіяльності. [32-35]

Одним з найпростіших прикладів використання водоростей як енергетичних ресурсів є будинок, що було побудовано у м. Гамбург, Німеччина. BIQ house – спільний проект декількох компаній. Споруда була побудована австрійською фірмою Splitterwerk при співробітництві з компаніями Arup, Colt International і Strategic Science Consult of Germany. Особливим цей будинок робить те, що його фасад з південно-східної і південно-західної сторін облицьований скляними панелями-біореакторами два сантиметри завтовшки, в яких знаходяться мікрowodорості – жителі прилеглої річки Ельби. Такі панелі дозволяють не тільки виробляти енергію, але й захищають приміщення від прямих сонячних променів в літній час, а також сприяють зниженню рівня шуму.

Концепція BIQ house побудована на тому, що на сонячному світлі мікрowodорості добре ростуть і розмножуються. Одержувана природним чином біомаса направляється потім у спеціалізований біореактор з ферментами для отримання біогазу, який використовується для опалення та генерації електрики. [32-35]

Компанія-розробник стверджує, що такі технології можна легко масштабувати на будівлі будь-яких розмірів. Такий підхід до проектування будинків дозволив би, крім усього іншого, вирішити і екологічну проблему великих міст – очистити повітря шляхом перетворення в процесі своєї життєдіяльності вуглекислого газу на кисень. [28-30]

Щодо технологій видобутку з водоростей біопалива – тут існує багато різних варіантів. Так, наприклад, вчені з Тихоокеанської національної північно-західної лабораторії Міністерства енергетики США пропонують перетворювати водорості на нафту, імітуючи природний процес за допомогою спеціалізованого реактора, в якій вводять гарячу воду під тиском 20,7 МПа і температурою 350 °С. Розроблена ними технологія різко прискорює процес, тому менш ніж за годину з реактору отримують нафту і невелику кількість біогазу, з якого можна отримувати метан. В Японії Токуо Gas і NEDO для отримання метану запропонували технологію бродіння біомаси морських водоростей із застосуванням мікроорганізмів.

Видобутий з водоростей метан направляється в газовий двигун, що обертає електричний генератор. Розробниками заявлено, що така установка переробляє 1 тону водоростей у день, з виходом метану – 20 тис. літрів. Потужність генератора такої установки складає 10 кВт, що достатньо для живлення 20 будинків. До більш традиційних технологій отримання біопалива з водоростей (спиртів, метану, біодизелю, водню з синтегазом, брикетів твердої біомаси) можна віднести екстракцію (в т.ч. ультразвукову), переетерифікацію, ферментацію, анаеробну переробку, газифікацію і сушку. Але, зрозуміло, що на відміну від розглянутого вище будинку BIQ house, який сам в собі «виросує» водорості, промислове виробництво біопалива потребує іншої організації підготовки сировини. Тобто дуже важливим в такій ситуації є саме процес вирощування біомаси водоростей. Існують 3 способи вирощування біомаси водоростей: у відкритих басейнах, в закритих басейнах та у фотобіореакторах. [28-30]

У відкритих басейнах водорості вирощують в тих місцевостях, де це можливо за екологічними і кліматичними показниками (водорості потребують не нижче +15 °С). Такий спосіб застосовується в Болгарії, Італії, Ізраїлі,

Мексичі, Чилі, Бразилії, Таїланді, Індії, Китаї, США (Каліфорнія), Середній Азії та ін. Він більш економічний, але дає менше врожаю. Крім того, при такому способі дуже важко контролювати чистоту штамів мікроорганізмів. Закриті системи культивування біомаси водоростей уявляють собою теплиці з фотосинтезуючими блоками, які розташовують зазвичай максимально близько до тепла і сонця.

Такий спосіб вирощування біомаси використовується здебільшого в країнах з холодним кліматом. Фотобіореактори забезпечують велику врожайність за короткий час та можуть використовуватись будьде, незважаючи на екологічні та кліматичні умови. Крім того, вони дозволяють впливати на якість вирощуваної біомаси, а саме – на вміст масла у сировині. Бо, хоча водорості є високоефективними перетворювачами сонячної енергії у відновлювану біомасу, більшість відомих водоростей запасає сонячну енергію у вигляді цукрів, а не у вигляді необхідних масел (жирів або ліпідів), тобто триацилгліцеридів або фосфоліпідів. При наявності світла, вуглекислого газу і деяких мікроелементів, більшість водоростей запасає у вигляді жирів всього близько 15-20% від своєї сухої ваги.

Тільки за певних умов водорості здатні перемикатися на процес відомий як «ліпідний тригер» і запасати усередині своїх клітин продукти фотосинтезу у вигляді масел. В фотобіореакторах є можливість створити найбільш сприятливі умови для культивування у біомасі саме тих речовин, які потрібні в тому чи іншому випадку. Вони дозволяють забезпечити водорості необхідними поживними речовинами, вуглекислим газом, стабільним значенням рН середовища, підтримкою осмотичності середовища, однорідністю складу середовища, забезпечують контроль та регулювання температури середовища. Отже, на сьогодні відомо багато технологій отримання екологічного біопалива з біомаси водоростей. Наша країна має бути зацікавлена в таких розробках не

тільки з боку покращення екологічного стану, але і з боку альтернативи традиційним джерелам енергії, зважаючи на енергетичну кризу, в якій ми зараз опинились. Відомо, що в Україні вже існують розробки в даній сфері. Першими з такою ініціативою виступили фахівці ВАТ «БіодизельДніпро» (м. Дніпропетровськ), якими було розроблено свою технологію і обладнання для виробництва мікроводоростей та отримання масла для виготовлення біопалива. Україна має весь необхідний потенціал для розвитку біопалива з водоростей, бо в нас є в достатній кількості промислових підприємств, де в якості відходів виділяється вуглекислий газ, азот, фосфор, а стічні Ферма для вирощування водоростей компанії Sapphire Energy(Нью Мексіко, США) Фотобіореактор для вирощування біомаси водоростей, Центр з видобутку та переробки водоростей (Атланта, США) води багаті на важкі метали, які так люблять ці зелені організми. Все це, у сукупності з сонячним світлом, може бути дбайливо використано для подвійної користі – і нешкідливе паливо отримати, і воду з атмосферою очистити. [28,34]

3.3 Очищення води та середовища: біоремедіація

Біоремідація – це кероване використання мікроскопічних ґрунтових організмів для біологічної утилізації органічних відходів та нейтралізації забруднювачів. У середовище, що очищається, або в утилізовані відходи вносяться високі концентрації спеціально відібраних різних видів мікроорганізмів, що становлять співтовариство (консорцію), які раніше були виділені з ґрунту, селекціоновані і розмножені у формі готового до застосування препарату. В результаті в потрібному місці в потрібний час цілеспрямовано створюється корисна мікробіологічна активність, укладена в

засвоєнні та переробці мікробами мертвої органіки в продукти метаболізму: вуглекислий газ (діоксид вуглецю, CO_2), воду (H_2O), метан (CH_4), гумус, різні форми азоту (від мінеральної до газоподібної). (Рис.3.13) [28-30]

Біоремедіація - біологічне очищення ґрунту та води від забруднення нафтою та нафтопродуктами заснована здатності мікроорганізмів поступово метаболізувати складні нафтові вуглеводні з отриманням більш простих молекулярних вуглеводневих структур до повної нейтралізації як екологічно небезпечного забруднювача. [28,32]



Рис. 3.13 – Біологічне очищення ґрунту та води

Утилізація та знешкодження фекалій, очищення госпфекальних стоків засновані на здатності мікроорганізмів метаболізувати органічні речовини патогенної мікрофлори за рахунок конкуренції за джерело живлення. Знищення запахів, ефект деодоризації заснований відразу на кількох здібностях бактерій метаболізувати пахощі леткі органічні сполуки або запобігати їх жирні кислоти. Одержання газу метан (біогаз) з органічних відходів залежить від

життєдіяльності метаногенних мікроорганізмів. Біотехнологія при цьому тісно взаємодіє з екологічним інжинірингом. [28-32]

3.4. Сільське господарство: використання водоростей як добрив та кормів

Для нормальної життєдіяльності і плодоношення рослин крім води, вуглекислого газу та кисню потрібна ще велика кількість різних поживних речовин, таких як азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, кобальт і багато інших. Азот в даному списку є одним з найважливіших елементів, і входить до складу білків, ноліпептидів, вітамінів та інших речовин, які знаходяться в рослинах. [28,34]

Всі культури в період вегетації поглинають величезну кількість поживних речовин, через що при регулярному вирощуванні врожаю на одній і тій же території ґрунт швидко виснажуються. Без внесення додаткових добрив отримати хороший врожай на них стає неможливо, тому значення добрив в сільському господарстві складно переоцінити. [28,34]

Всі добрива діляться на дві групи: органічні та неорганічні. Великі аграрні господарства воліють використовувати першу групу, речовини з якої виробляються шляхом синтезу різних хімічних елементів. На сьогоднішній день використання таких добрив є найбільш доцільним з фінансової сторони.

Біостимулятори рослин поліпшують NUE (Nutrient Use Efficiency) завдяки різним механізмам впливу на поглинання, засвоєння та використання поживних речовин, а також через покращення їхньої доступності. Про це розповіли фахівці компанії НВК «Квадрат» в матеріалі «Залежність впливу

біостимуляторів на ефективність використання поживних речовин від їх походження (вмісту)» на SuperAgronom.com. [28,34]

Як зазначили експерти, більшість сучасних біостимуляторів виробляються з сировини природного походження, тому варто зазначити, що на ефективність дії кінцевого продукту може істотно впливати як сама сировина, що використовується у їх виробництві, так і методи та технології екстракції й гідролізу.

Тому при виборі конкретних біостимуляторів треба особливу увагу приділяти як вихідному сировинному джерелу, так і технології виготовлення, що використовує той чи інший виробник. [28-30]

Так, доведено, що екстракти водоростей (SWE) покращують ріст рослин, вміст хлорофілу, цвітіння та врожайність, стимулюють проростання насіння. Також вони посилюють захист рослин від патогенів і шкідників. (Табл.3.2)


Табл.3.2 – Механізми дії водоростей (SWE)

Механізми дії SWE, які впливають на ґрунтові процеси	Механізми, що впливають на фізіологічні процеси:
поліпшення структури ґрунту	стимуляція процесів транспорту та асиміляція поживних речовин
поліпшення розчинності мікроелементів у ґрунті за рахунок хелатування, що робить їх доступнішими	збільшення колонізації коренів арбускулярними мікоризними грибами
	зміни в морфології коренів, через збільшення маси коренів або співвідношення коренів до пагонів у різних культур.

Ці позитивні ефекти часто посилюються у разі застосування на молодих рослинах або в періоди посушливого стресу, а також за застосування у вигляді фертигації, шляхом цілеспрямованого внесення в ризосферу або за фоліарного внесення. [28,34]

Через схожість реакції рослин на SWE з реакцією, яка спостерігається в результаті застосування фітогормонів, вже давно було висловлено припущення, що SWE функціонують завдяки вмісту фітогормонів в екстрактах. Однак нещодавні дослідження показали, що, вірогідно, SWE стимулюють шляхи фітогормонів через інші процеси або завдяки іншим молекулам у складі екстрактів, які стимулюють ендогенний синтез фітогормонів.

Лінійка продуктів компанії НБК «Квадрат» включає комплексне концентроване добриво з екстрактом морських водоростей. Квантум СіАмін застосовується для підвищення стресостійкості, нормалізації живлення та активації росту рослин(Рис.3.14) [28-30]



Квантум - СіАмін

SSSSS 275

Формула	Масова частка
N, P2O5, K2O, Екстракт морських водоростей	7,0% (70 г/л); 7,0% (70 г/л); 7,0% (70 г/л); 21% (210г/л)
Форма добрив	Тип добрива
Рідкі	мінеральне добриво
Категорія:	
Мікродобрива	

Рис. 3.14 – добриво Квантум СіАмін

Добриво Квантум СіАмін містить 21% екстракту водоростей та додатково збагачене основними макроелементами. Для виробництва Квантум

СіАмін використовують високоякісну концентровану сировину з водорості *Ascophyllum nodosum* канадської компанії *Acadian Seaplants*, екстракти з якої характеризуються насиченим біостимулюючими речовинами складом.

Біодобриво Добриво з морських водоростей - це морські водорості як основна сировина, біодобриво, виготовлене науковим процесом, основним інгредієнтом якого є морські водорості *Natrual Ingredients*, що сприяють росту рослин і розвитку природних біоактивних речовин і морських водоростей з океану. абсорбувати і концентрувати в організмі мінеральні поживні речовини, включаючи полісахариди морських водоростей, поліфенольні сполуки, маніт, бетаїн, регулятор росту рослин і азот, фосфор, калій і залізо, бор, молібден, йод та інші мікроелементи. (Рис 3.15)



Рис.3.15 - Порошкове добриво з екстрактом морських водоростей

Це найкраще водорозчинне органічне добриво. Це суперконцентрований вид морських водоростей. Вміст кислоти у морських водоростях у 4 рази перевищує звичайне рідке водне добриво з морських водоростей. Вони дуже легко засвоюються рослинами і мають чудовий ефект росту. Цей продукт застосовується майже до всіх рослин, таких як пшениця рис, овочеві плодіві дерева тощо. [28-33]

ВИСНОВКИ

Культивування водоростей - це важлива галузь сільського господарства, яка набуває все більшого значення у світі. Основні напрямки використання водоростей включають харчову, косметичну, фармацевтичну, енергетичну та екологічну сфери.

Харчова промисловість: Водорості є джерелом багатьох корисних речовин, таких як білки, вітаміни, мінерали та амінокислоти. Вони використовуються в приготуванні сушених водоростей, як добавки до їжі, супів, салатів та сушених снєків.

Косметична промисловість: Екстракти з водоростей часто використовуються у складі косметичних засобів для шкіри та волосся. Вони мають зволожуючі, живильні та антиоксидантні властивості, які сприяють здоров'ю та красі шкіри.

Фармацевтична промисловість: Водорості містять багато біологічно активних речовин, які можуть мати корисний вплив на здоров'я людини. Вони використовуються у виробництві дієтичних добавок, лікарських засобів та препаратів для зміцнення імунної системи.

Енергетична промисловість: Деякі види водоростей містять олію, яка може бути використана для виробництва біопалива. Це може бути важливим джерелом енергії в майбутньому, особливо з урахуванням проблем екології та питомих обмежень нафтових ресурсів.

Екологічні додатки: Водорості можуть використовуватися для очищення води від забруднень та підтримки екологічної рівноваги в водоймах. Вони абсорбують шкідливі речовини та сприяють очищенню води.

Культивування водоростей має великий потенціал у багатьох сферах економіки. Розвиток культивування водоростей може мати значний вплив на економіку, прискорюючи інновації у біотехнологіях, забезпечуючи нові джерела харчових продуктів та створюючи нові можливості для сталого використання ресурсів.

Використання водоростей може сприяти здоровому способу життя та сталому розвитку. Використання водоростей не лише може покращити стан здоров'я людей, але й сприяти сталому розвитку, забезпечуючи стале джерело харчових продуктів та допомагаючи зберегти навколишнє середовище.

Дослідження в області використання водоростей можуть призвести до нових інновацій та відкриттів у біотехнологіях. Дослідження в області використання водоростей можуть відкривати широкий спектр можливостей для інновацій у біотехнологіях, що може мати значний вплив на економіку та соціальний розвиток.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ З ВОДОРОСТЕЙ ЯК ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНІ СУБСТАНЦІЇ Боднар О.І. Хімія природних сполук: матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю (м. Тернопіль, 21-22 квітня 2016 р.) редкол.: С.М. Марчишин, Л.С. Фіра, К.А. Посохова, О.М. Олещук. – Тернопіль: ТДМУ, 2016. – 142 с. Електронний ресурс. Режим доступу https://www.researchgate.net/publication/301796612_Morphological_and_anatomical_studies_on_sorrel_Rumex_acetosa_herb_in_Ukrainian_MORFOLOGO-ANATOMICNE_DOSLIDZENNA_TRAVI_SAVLU_KISLOGO
2. Біоремедация водойм Електронний ресурс. Режим доступу https://www.darg.gov.ua/bioremediacija_vodojm_247_1_0_9376_1.html
3. Біоремедация, використання Електронний ресурс. Режим доступу <https://latifundist.com/blog/read/3060-shcho-kriyetsya-za-modnim-slovom-bioremediatsiya-abo-yak-biotehnologi-btu-tsentri-rozroblyali-sposobi-vidnovlennya-gruntiv-porushenih-voyennimi-diyami>
<https://uk.quanaobio.com/fertilizer-materials/59550574.html>
4. Бургаз М.І., Лічна А.І., Покажчик основних термінів і понять з навчальної дисципліни «Марикультура»: навчальний посібник. Одеса, Одеський державний екологічний університет, 2022. 40 с
5. Важливість добрив у сільському господарстві Електронний ресурс. Режим доступу <https://prometeyagro.com.ua/2018/10/29/vazhlivist-dobriv-u-silskomu-gospod/>
6. ВИКОРИСТАННЯ ВОДОРОСТЕЙ ВИДУ CHLOROPHYTA Електронний ресурс. Режим доступу https://darg.gov.ua/files/1/08_04_hlorela.pdf

7. Використання водоростей виду Chlorophyta як біологічний метод очищення водою Електронний ресурс. Режим доступу: https://chng.darg.gov.ua/vikoristannja_vodorostej_vidu_0_0_0_1075_1.html
8. Вирощування морських водоростей Електронний ресурс. Режим доступу <http://vismar-aqua.com/viroshhuvannya-morskih-vodorostej.html>
9. Відділ водорості. Класифікація, загальна характеристика, екологія, розповсюдження. Розмноження. Одноклітинні і багатоклітинні водорості. Роль водоростей у природі. Охорона водоростей. Електронний ресурс. Режим доступу <https://studfile.net/preview/9213185/page:37>
10. Водорості (зелені, бурі, червоні, діатомові) Електронний ресурс. Режим доступу <https://vseosvita.ua/blogs/vodorosti-zeleni-buri-chervoni-diatomovi-84914.html>
11. Водорості Електронний ресурс. Режим доступу <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1794>
12. Водорості як природні концентрати функціональних інгредієнтів та їх використання Електронний ресурс. Режим доступу: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/32e6e4be-797b-4043-8873-50d549da99b4/content>
13. Енциклопедична стаття. Альгологія Електронний ресурс. Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-43891>
14. Загальна характеристика та значення у природі. Електронний ресурс. Режим доступу <https://studfile.net/preview/5163116/page:13/>
15. Значення водоростей у природі та житті людей Електронний ресурс. Режим доступу https://sm.darg.gov.ua/_znachennja_vodorostej_u_0_0_0_1370_1.html

16. Історія появи перших водоростей: дати та відкриття Електронний ресурс.
Режим доступу: <https://kubov.home.cx.ua/ukraincyam/istoriya-poyavi-pershikh-vodorostey-dati-ta-vidkrittya.html>
17. Культивування водоростей Електронний ресурс. Режим доступу:
<https://studfile.net/preview/7402012/page:19/>
18. Культивування водоростей, рослин і грибів та основи біотехнології
Електронний ресурс. Режим доступу:
https://www.botany.kiev.ua/doc/np_kult_vod_rosl_gr.pdf.
19. Лікувальні властивості водоростей Електронний ресурс. Режим доступу
<https://fp.com.ua/articles/likuvalni-vlastivosti-vodorostey/>
20. Моисеев И.И., Тарасов В.Л., Трусов Л.И. Еволюція біоенергетики, час водоростей. 2009. № 12. - С. 24-29.
21. Методичні вказівки для лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Марикультура» для студентів IV-V років навчання денної та заочної форм навчання, РВО «Бакалавр», за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура», ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів»./ Шекк П.В., Лічна А.І.– Одеса, ОДЕКУ, 2023, 35 с.
22. Методичні рекомендації до практичних занять з курсу ботаніки
Електронний ресурс. Режим доступу
<http://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/6405/1/%2B%20%D0%9C%D0%B5%D1%82%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%20%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%8F%20%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96.pdf>
23. О.О. Тітлова ВОДОРОСТІ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ
24. Особливості біології водоростей та їх значення для людини Електронний ресурс. Режим доступу: <https://osvita.ua/vnz/reports/biolog/23084/>

25. Особливості процесів життєдіяльності водоростей Електронний ресурс. Режим доступу https://pidru4niki.com/77296/prirodoznavstvo/osoblivosti_protsesiv_zhittyediy_alnosti_vodorostey
26. Сучасний стан вивчення водоростей Електронний ресурс. Режим доступу: <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/8049>
27. Шекк П. В., Шевченко В. Ю., Орленко А. М. Марикультура: підручник. П. В. Шекк, В. Ю. Шевченко, А. М. Орленко. – Стереотип. вид. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. – 328с.
28. Що роблять з водоростей Електронний ресурс. Режим доступу <https://viter.zapisi.cx.ua/ukraincyam/shho-roblyat-z-vodorostey-spisok-produktiv-ta-zastosuvannya.html>
29. A.S. Buchalo, O.B. Mykchaylova, Lomberg M.L., Wasser S.P. Microstructures of vegetative mycelium of macromycetes in pure cultures. Kiev. Alterpress. 2009. 224p. S.T. Chang, W.A. Hayes. The biology and cultivation of edible mushrooms. New York . Academic press. 1978. 819p.
30. G.Pauli. The Blue Economy Case77, Fibre from Algae.
31. J.Singh. Renewable and sustainability energy. Reviews 14 (2010), 2596-2610.
32. Medicinal mushrooms. Ed. D.C .Agrawal. Singapore.Springer. 2019. 419 p
33. Mushroom biotechnology. Ed. M. Petre. New York. Academic Press. 2016.380p.
34. Tamas Juracsek. Algae farming. Overview 4/25/2013.