

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри екології
_____ проф. Чорна В.І.
«__» _____ 2021 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітнього ступеня «бакалавр»

на тему «Екологічні особливості стану фітопланктону, як чинника цвітіння
води у Дніпровському водосховищі»

Виконав: здобувач вищої освіти 5 курсу,
групи ЕМз-1-16 за спеціальністю 101 «Екологія»

_____ Тарасенко О. О.

Керівник _____ к.б.н., доц. Ананьєва Т.В.

Рецензент _____ к.с.-г.н., доц. Шарамок Т.С.

Консультанти:

1. З охорони праці та безпеки
в надзвичайних ситуаціях

_____ доц. Годяєв С.Г.
(підпис)

2. З економіки
природокористування

_____ доц. Галаган Т.І.
(підпис)

Дніпро – 2021 р.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою екології
проф. _____ В.І. Чорна
« ___ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»
здобувачу вищої освіти

Тарасенку Олександрю Олеговичу

1. Тема проекту (роботи) «Екологічні особливості стану фітопланктону, як чинника цвітіння води у Дніпровському водосховищі»

керівник роботи: Ананьєва Т. В., к.б.н., доцент

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

затверджена наказом по ДДАЕУ від «__» травня 2021 р. №__.

2. Термін здачі здобувачем вищої освіти закінченого проекту (роботи): «__» ____ 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) аналіз видового складу, чисельності і просторової структури фітопланктону Дніпровського водосховища, метеорологічні та гідрологічні умови за період дослідження, екологічна характеристика якості води Дніпровського водосховища за гідрохімічними показниками.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ. 1 Літературний огляд; 2 Фізико-географічна характеристика району дослідження; 3 Методи дослідження; 4 Результати досліджень та їх обговорення; 5 Економічна частина; 6 Охорона праці.

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

Рисунків – 7

Таблиць – 2

Використаної літератури – 37

Розділів – 6

Сторінок – 77

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з 6 розділів, в яких розкрита проблема, містить 77 сторінок тексту, 2 таблиці, 7 рисунків, 37 літературних джерел.

Об'єкт досліджень: характеристика процесу і екологічних умов, що сприяють «цвітінню» води Дніпровського водосховища в літній період року.

Предмет досліджень: показники видового складу, чисельності та просторової структури угруповань фітопланктону, гідрохімічні показники вмісту біогенних елементів, розчиненого у воді кисню і перманганатної окиснюваності у Дніпровському водосховищі.

Мета роботи: дослідження кількісних і якісних характеристик фітопланктону та гідрохімічних умов у Дніпровському водосховищі, що сприяють «цвітінню» води у літній період року.

Для досягнення поставленої мети вирішувався ряд завдань:

1. Визначення видового складу фітопланктону Дніпровського водосховища.
2. Дослідження розподілу чисельності фітопланктону у водній товщі Дніпровського водосховища.
3. Дослідження розподілу біооб'єму фітопланктону у водній товщі Дніпровського водосховища.
4. Дослідження сезонності вертикального розподілу фітопланктону Запорізького водосховища.
5. Дослідження гідрохімічних характеристик – вмісту біогенних елементів, розчиненого у воді кисню і перманганатної окиснюваності, які створюють умови для «цвітіння» води

В результаті проведених досліджень встановлено, що влітку фітопланктонна спільнота Дніпровського водосховища складається з 71 виду

діатомових (*Bacillariophyceae*), зелених (*Chlorophyta* та *Charophyta*) і ціанобактерій (*Cyanobacteria*), серед яких домінує *Microcystis aeruginosa*, що складає 99,7% від сумарного біооб'єму та 99,93% сумарної чисельності фітопланктону. За видовим складом фітопланктону та середнім показником його біооб'єму Дніпровське водосховище можна охарактеризувати як гіпертрофне. Рівні біогенних елементів (сполук азоту і фосфору) і перманганатної окиснюваності води в літній період у районі дослідження перевищували нормативні показники і обумовлювали низьку екологічну якість води: V клас, 7 категорія «дуже погана, дуже брудна вода».

Методи дослідження: польові методи відбору проб води; лабораторні гідробіологічні і гідрохімічні методи; розрахункові, графічні, аналітичні методи.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	7
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Фактори зовнішнього середовища, що впливають на цвітіння води у водоймах	10
1.1.1 Термальна стратифікація	10
1.1.2 Поживні речовини	11
1.1.3 Перемішування і розподіл поживних речовин	13
1.1.4 Світло	15
1.1.5. Протилежно спрямовані градієнти розподілу поживних речовин і світла у водному стовпі	16
1.1.6. Антропогенне евтрофування	18
1.2. Характеристики фітопланктону, що впливають на його локалізацію у водному стовпі	21
1.2.1 Діатомові та їх місце у вертикальній структурі фітопланктону	21
1.2.2 Ціанобактерії та їх місце у вертикальній структурі фітопланктону	22
1. 2. 3 Евгленові та їх місце у вертикальній структурі фітопланктону	24
1.2.4. Зелені водорості та їх місце у вертикальній структурі фітопланктону	26
2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ	28
3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	31
3.1 Відбір і опрацювання проб фітопланктону	31
3.2 Гідрохімічні і гідрофізичні дослідження	34

3.2.1	Визначення показників рН потенціометричним методом	34
3.2.2	Визначення вмісту кисню методом йодометрії	34
3.2.3	Визначення вмісту нітратів методом фотометрії	36
3.2.4	Визначення вмісту нітритів у воді за фотометричною методикою Грісса	37
3.2.5	Визначення вмісту амонійного азоту з реактивом Неслера	38
3.2.6	Визначення вмісту фосфатів у воді методом фотометрії	39
3.2.7	Визначення перманганатної окиснюваності	40
4.	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	42
4.1	Аналіз видового складу фітопланктону Дніпровського водосховища	42
4.2	Аналіз чисельності фітопланктону Дніпровського водосховища	44
4.3	Аналіз біооб'єму фітопланктону Запорізького водосховища	49
4.4	Характеристика метеорологічних та гідрологічних умов за період дослідження	53
4.5	Екологічна характеристика якості води Дніпровського водосховища за гідрохімічними показниками	55
5.	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	57
5.1	Організація дослідження кількісних і якісних характеристик фітопланктону та гідрохімічних умов у Дніпровському водосховищі	57
5.1.1	План проведення дослідження	58
5.1.2	Побудова сітьового графіка	58
5.1.3	Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	61
6.	ОХОРОНА ПРАЦІ	66
6.1	Аналіз стану охорони праці університету та кафедри екології	66
6.2	Вимоги безпеки праці при відборі проб	68
6.3	Рекомендації та поліпшення стану охорони праці	70
	ВИСНОВКИ	72
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	73

ВСТУП

Вивчення особливостей формування біологічної продуктивності водних екосистем – актуальне завдання сучасної гідробіології. Дослідження лише поверхневого фітопланктону недостатнє для задовільної характеристики продуктивності водойми; у таких дослідженнях ігнорується біомаса глибоких шарів, так само як і складна взаємодія між видами планктону. Вертикальний розподіл фітопланктону має фундаментальне значення для структурної організації водних екосистем, адже він впливає на виробництво первинної продукції, а також на передачу енергії на вищі трофічні рівні. Розподіл фітопланктону у водоймі залежить від фізичних процесів, таких як вітрове перемішування і розсіяння сонячного світла у товщі води; інтенсивність цих процесів варіює між поверхневими та глибинними шарами, через це презентування їх у вертикальній проекції здається найбільш доцільним. Саме у вертикальному просторі найкраще розкривається залежність фітопланктону від поживних речовин, світла і перемішування; водне середовище створює сприятливі умови для вивчення цієї залежності.

Важливо розуміти, що водяний стовп не можна однозначно розділити на «сприятливі» та «несприятливі» для росту зони, адже різні види фітопланктону мають різні вимоги до ресурсів; таким чином, ділянка водяного стовпа, сприятлива для росту одного організму, може бути вкрай несприятливою для росту іншого. Це питання ускладнюється протилежною спрямованістю градієнтів світла (що проникає у воду з поверхні) і поживних речовин (що розсіюються з донних відкладень). Ці градієнти ресурсів встановлюються або посилюються самими фітопланктонними організмами за рахунок поглинання поживних речовин і самозатінення, що призводить до

конкуренції за ресурси. Між поверхневими і глибинними шарами відбувається транспорт енергії, ресурсів і організмів.

Таким чином, неоднорідність зовнішнього середовища проявляється через градієнти ресурсів і перемішування води у водоймі, в той час як внутрішня неоднорідність фітопланктонної спільноти зумовлена конкуренцією різних видів, динамікою їх чисельності та руху. Вертикальний розподіл фітопланктону визначається взаємодією цих двох неоднорідностей (іншими словами, він залежить як від біологічних характеристик фітопланктону, так і від абіотичних факторів зовнішнього середовища).

Дослідження факторів, що керують вертикальним розподілом фітопланктону, необхідне для ефективної експлуатації водних ресурсів, зокрема для контролю евтрофування водойм. Очевидно що евтрофування призводить до збільшення біологічної продуктивності фітопланктону лише за умови доступу фітопланктону до поживних речовин; нерідко значна частина поживних речовин міститься у донних відкладеннях, не спричиняючи значного підвищення продуктивності водойми, адже умови у придонному шару не сприяють розвитку фітопланктону, незважаючи на високу концентрацію поживних речовин. Отже, протягом контролю продуктивності водойм важлива не тільки концентрація поживних речовин, але й глибина введення їх в товщу води.

Крім того, вертикальний розподіл різних видів фітопланктону значною мірою визначає їх позицію в ієрархії домінування і, як наслідок, їх біологічну продуктивність. Крайнім проявом такої продуктивності є цвітіння фітопланктону. Надзвичайні кількості біомаси і органічних речовин, що утворюються протягом цвітіння, змінюють фізичні та хімічні властивості водойми та пригнічують розвиток фітопланктонних видів-субдомінант, одночасно стимулюючи розвиток гідробіонтів, що живляться домінуючим видом. Ці зміни своєю чергою впливають на вертикальний розподіл фітопланктону – як приклад подібного механізму зворотного зв'язку можна привести цвітіння ціанобактерій, яке призводить до утворення щільного шару

планктонних клітин на поверхні води, що далі сприяє прогріванню поверхневого шару водойми, що посилює термальну стратифікацію, що зсуває межі діапазону умов, необхідних для існування певних видів фітопланктону у певних ділянках водяного стовпа.

Метою роботи є дослідження кількісних і якісних характеристик фітопланктону та гідрохімічних умов у Дніпровському водосховищі, що сприяють «цвітінню» води у літній період року.

Для досягнення вказаної мети вирішувались наступні завдання:

1. Визначення видового складу фітопланктону Дніпровського водосховища.
2. Дослідження розподілу чисельності фітопланктону у водній товщі Дніпровського водосховища.
3. Дослідження розподілу біооб'єму фітопланктону у водній товщі Дніпровського водосховища.
4. Дослідження сезонності вертикального розподілу фітопланктону Запорізького водосховища.
5. Дослідження гідрохімічних характеристик – вмісту біогенних елементів, розчиненого у воді кисню і перманганатної окиснюваності, які створюють умови для «цвітіння» води

У якості теоретичного підґрунтя наводяться відомості щодо стратифікації та евтрофікації Запорізького водосховища, цвітіння домінуючих видів фітопланктону і його впливу на загальний вертикальний розподіл фітопланктону, обговорюються зміни гідрологічного режиму, до яких призвело створення на Дніпрі каскаду водосховищ.

1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Фактори зовнішнього середовища, що впливають на вертикальний розподіл фітопланктону

Динаміка розвитку фітопланктонної спільноти у водоймі залежить від ряду зовнішніх впливів; розподіл фітопланктонної біомаси у товщі води ґрунтується на розподілі ресурсів (таких як світло і поживні речовини), так само як на транспорті плактонних клітин вітром і конвективними потоками. Для коректного дослідження вертикального розподілу фітопланктону необхідно урахувати всі фактори зовнішнього середовища, такі як тепловий баланс, швидкість вітру, наявність внутрішніх хвиль тощо.

1.1.1 Термальна стратифікація

Поверхневі водні маси швидше прогриваються сонцем і охолоджуються вітром, ніж глибинні [24]. У озерах помірних широт це призводить до перемішування води навесні і восени; в ці сезони настає гомотермія, тобто температура по всій водоймі стає однорідною [12]. Влітку і взимку під інтенсивним температурним впливом вода у водоймі розшаровується, і її вертикальне перемішування припиняється [12]. Це явище називається температурною стратифікацією чи дихотомією; воно пояснюється залежністю щільності води від температури. Розрізняють пряму і зворотну стратифікацію, обидва різновиди характерні для озер помірних широт [24].

Влітку відбувається так звана пряма температурна стратифікація – утворюється теплий верхній шар (так званий епілімніон) товщиною від декількох сантиметрів до декількох метрів, що зазвичай характеризується інтенсивним перемішуванням. Придонний шар (гіполімніон) не бере участі у добовій циркуляції води, температурні перепади тут значно помірніші ніж у епілімніоні, температура води зазвичай на кілька градусів нижче поверхневої. Нерідко ця різниця в температурах призводить до утворення нового шару на межі епілімніону з гіполімніоном – цей шар називають металімніоном, чи термоклинном [24].

Взимку глибинні води тепліші за поверхневі. Цей ефект зумовлений унікальною властивістю води досягати максимальної щільності при температурі 3.8°C і знижувати щільність при подальшому охолодженні. Завдяки цій властивості в глибині водойми залишається щільна і відносно тепла вода температурою вище 3.8°C , в той час як вода температурою від 3.8°C до 0°C втрачає щільність і спливає на поверхню. Це сприяє температурній стратифікації, яку називають зворотною [12, 24].

Термальна стратифікація має важливе значення для вертикального розподілу фітопланктону, адже вона обмежує перемішування води, що затримує транспорт поживних речовин і нерухомих клітин планктону, газовий обмін між водою і повітрям, підвищує прозорість (а отже, кількість світла, що проникає у воду і може бути засвоєна фітопланктоном).

Запорізьке водосховище характеризується вираженою температурною стратифікацією і практичною відсутністю течії [5].

1.1.2. Поживні речовини

Для розвитку фітопланктону у водоймі необхідна наявність розчинених у воді поживних речовин. Серед усіх поживних речовин найбільшої уваги заслуговують так звані біогенні елементи – хімічні елементи, що постійно присутні у складі живого організму і необхідні для його життєдіяльності.

Наявність біогенних елементів критична для життя і розвитку фітопланктону, адже вони необхідні для синтезу білка [21]. Біогенні елементи потрапляють у водойми з атмосферними опадами, поверхневим стоком з території населених пунктів, у результаті азотфіксації водоростей, ерозії ґрунтів, з водами, що використовуються для зрошення. Опинившись у водоймі, вони осідають на дно, утворюючи донні відкладення. В подальшому поживні речовини і біогенні елементи з донних відкладень повертаються у водойму шляхом дифузії [33].

Збільшення концентрації поживних речовин у донних відкладеннях призводить до більш інтенсивного надходження їх у воду водойми, що сприяє зміщенню фітопланктонної спільноти ближче до поверхні, адже фітопланктон розвивається згідно з Законом мінімуму Лібіха – розвиток виду обмежується не загальною сукупністю факторів, що сприяють розвитку, а єдиним, найбільш дефіцитним з цих факторів. Отже, при незмінній освітленості підвищення концентрації поживних речовин розширює «зону комфорту» фітопланктонного виду, надаючи йому доступ до вищих водяних шарів, куди поживні речовини проникають шляхом дифузії. Водночас, чим інтенсивніше розвивається фітопланктон під впливом поживних речовин, тим сильніше його клітини затіняють глибокі шари водойми, що гальмує розвиток фітопланктону у цих шарах. Саме цим зумовлено зміщення фітопланктону ближче до поверхні при збільшенні концентрації поживних речовин у донних відкладеннях.

Для розвитку фітопланктону найзначнішими є фосфор і азот; надлишок цих елементів та їх сполук у водоймі призводить до бурхливого розвитку фітопланктону, і є ключовим фактором у створенні сприятливих умов для цвітіння [11, 25, 33].

У водоймах, бідних на поживні речовини, дифузія з донних відкладень не може забезпечити поверхневі шари водойми кількістю біогенних елементів, достатньою для розвитку фітопланктону. Внаслідок цього

фітопланктон розвивається у підповерхневих шарах, куди досягає достатня кількість поживних речовин.

Розподіл поживних речовин значною мірою залежить від процесів перемішування, що розглядаються у наступному розділі.

1.1.3. Перемішування і розподіл поживних речовин

У повністю перемішаному водяному стовпі фітопланктон розповсюджується рівномірно, утворюючи однорідну суміш з водою і поживними речовинами. Перемішування води у водоймі відбувається під впливом внутрішніх хвиль, вітрових потоків та конвекції; разом ці процеси визначають розподіл планктонних частинок у водоймі.

Постійне та повне перемішування не характерне для глибоких водойм з незначною швидкістю течії, таких як Запорізьке водосховище; у таких водоймах можливий розподіл фітопланктону за декількома патернами:

- придонний шар (фітопланктон формує шар безпосередньо на поверхні донних відкладень);
- глибокий хлорофільний максимум (фітопланктон формує шар у слабкоперемішаній товщі води, віддалений від поверхні та від дна);
- поверхневий (фітопланктон формує шар на поверхні води).

Саме поверхневий шар водойми найінтенсивніше залучений у процеси теплообміну та найзначніше піддається дії вітру і хвиль. Внаслідок цього процеси вертикального перемішування в поверхневому шарі в декілька разів перевищують процеси вертикального перемішування в глибоких шарах [24].

Вночі глибина перемішаного шару водойми визначається двома факторами: інтенсивністю конвекційного перемішування, що відбувається через охолодження, та коливанням внутрішніх хвиль водойми. Вдень глибина перемішаного шару встановлюється завдяки сонячному нагріванню та завдяки коливанням внутрішніх хвиль. Вітер зазвичай не має значного

впливу на глибину перемішаного шару через низьку інтенсивність та відсутність стійкого патерну вітряних потоків як вдень, так і вночі.

У випадках, коли оптимальна глибина росту певного виду фітопланктону знаходиться у межах поверхневого перемішаного шару, турбулентні потоки можуть спонтанно підіймати цей фітопланктон у напрямку поверхні. Поверхневий перемішаний шар може істотно змінити результат конкуренції між різними видами фітопланктону, забезпечуючи вертикальну нішу для видів, які краще пристосовані до приповерхневих умов. В присутності перемішаного шару зникає поріг витривалості потопаючого фітопланктону, не здатного до самостійного руху.

Глибина перемішаного шару водойми проходить через значні сезонні зміни протягом року, що може вплинути на кількість планктонної біомаси, що синтезується у ці сезони.

Розповсюджуючи поживні речовини, перемішування робить їх доступними для фітопланктону на всіх рівнях водойми. У середовищі з недостатнім перемішуванням концентрація поживних речовин буде дуже неоднорідною; зазвичай вони зосереджуються біля дна, чи біля джерела поживних речовин, в той час як решта водойми «голодує».

Цікаво, що біомаса фітопланктону у перемішаному шарі не зростає при збільшенні концентрації поживних речовин у донних відкладеннях, тому що фітопланктон глибокого шару використовує всі поживні речовини для свого росту, не випускаючи залишку у верхні шари водойми. Насичення перемішаного шару поживними речовинами відбувається при введенні їх безпосередньо у перемішаний шар. Це можливо при потраплянні поживних речовин у водойму зі стічними водами, наприклад у складі недоочищених комунальних, промислових і аграрних стоків. Підвищена концентрація поживних речовин призводить до зміщення фітопланктону ближче до поверхні водойми за тим самим механізмом, що і при насиченні донних відкладень. Зі збільшенням концентрації поживних речовин загальна біомаса зростає, але виключно у перемішаному шарі; біомаса придонного шару не

збільшується, біомаса глибинного шару навіть трохи зменшується через екранування світла більш продуктивними поверхневими шарами [4, 8].

Внесення поживних речовин у поверхневий шар водойми сприяє розвитку біомаси у перемішаному шарі, але не має значного впливу на біомасу глибинного шару. При поверхневому цвітінні фітоплантону часто спостерігається кількість біомаси, небачена в водоймі протягом всього сезону. Це вказує на те, що при достатньому рівні поживних речовин і при досяганні фітопланктоном поверхневого шару його біомаса може досягнути надзвичайно великих кількостей.

1.1.4. Світло

Всі види фітопланктону потребують світла для здійснення фотосинтезу. Фітопланктон отримує необхідну кількість світла, поглинаючи сонячні промені, що проникають крізь товщу води. Світлопроникність води обмежується віддзеркаленням світлових променів від поверхні водойми та поглинанням цих променів самою водою. Поглинання світла водою має зворотну залежність від її прозорості (чим прозоріша вода, тим менше світла вона поглинає). Прозорість води обмежується розчиненими в ній мінеральними і органічними речовинами, взвішеним планктоном, швидкою течією, наявністю льодового покриву [12, 27].

Проте навіть абсолютно чиста та нерухома вода поглинає частку сонячного світла. Згідно з Законом Бугера-Ламберта-Бера, інтенсивність світла, що проникає крізь матеріал до певного його шару, зменшується експоненційно зі збільшенням глибини цього шару. Отже, частка сонячного світла неминуче поглинається водою, і через це інтенсивність світла зменшується зі зростанням глибини. Розподіл світла у водоймі, таким чином, можна розглядати як вертикальний градієнт з максимальним значенням інтенсивності світла у поверхневому шарі, і мінімальним – у придонному. Внаслідок цього фітопланктон у різних шарах водойми отримує різну

кількість світла, що робить глибокі шари несприятливими для розвитку фітопланктону. Це може стати поштовхом до міжвидової конкуренції чи створити екологічну нішу для тих видів фітопланктону, що здатні виживати в умовах слабкої освітленості.

З поглибленням стає все темніше, і колір води стає спочатку зеленим, потім блакитним, синім і в кінці – синьо-фіолетовим, переходячи в повну темряву. Відповідно змінює колір і фітопланктон, адаптуючись до поглинання того незначного світла, що проникло крізь товщу води. У світлих зонах, на мілководдях, переважають зелені водорості (Chlorophyta), хлорофіл яких поглинає червоні промені; глибше їм на зміну приходять бурі (Phaeophyta) і далі червоні (Rhodophyta). На великих глибинах фітопланктон відсутній [12].

1. 1. 5. Протилежно спрямовані градієнти розподілу поживних речовин і світла у водяному стовпі

Грунтуючись на попередніх розділах (1. 1. 2., 1. 1. 3., 1. 1. 4.), ми можемо представити розподіл світла та поживних речовин у озерах та водосховищах як два градієнти протилежної спрямованості: поживні речовини дифундують з донних відкладень до поверхні, з іншого ж боку світло проникає у водойму з поверхні. На відміну від наземних рослин, що мають листя для фотосинтезу і корені для поглинання поживних речовин, фітопланктон здобуває як поживні речовини, так і світло в безпосередній близькості від клітин; таким чином, протилежні градієнти цих важливих ресурсів являють собою дилему.

Світло і поживні речовини є основними ресурсами, що визначають вертикальний розподіл фітопланктону; міжвидова конкуренція за ці ресурси призводить до утворення фітопланктонною спільнотою складних вертикальних структур, де тіньовитривалі та «ненажерливі» види зазвичай розташовані ближче до дна, а світлолюбні і стійкі до голодування види – ближче до поверхні. Підвищення концентрації поживних речовин у донних

відкладеннях при незмінному освітленні призводить до зміщення фітопланктонної спільноти ближче до поверхні, подібним чином підвищення інтенсивності освітлення при незмінній концентрації поживних речовин викликає зміщення фітопланктону у напрямку дна. Перемішування може пом'якшити вплив цих двох факторів, розповсюджуючи поживні речовини по водоймі та підіймаючи планктон глибоких шарів у зону оптимального освітлення.

У водяному стовпі з недостатнім перемішуванням конкуренція видів фітопланктону перетворюється на змагання за позицію, що дає найоптимальнішу комбінацію ресурсів та дозволяє пригнічувати розвиток видів-конкурентів. Займаючи позицію ближче до поверхні, фітопланктон затінює тих своїх конкурентів, що мешкають нижче. З іншого боку, ті види що мешкають нижче знаходяться у вигідній позиції для того щоб перехопити поживні речовини, що дифундують з боку донних відкладень. Як наслідок, положення шару, сприятливого для росту даного виду фітопланктону, залежить від розподілу його власної біомаси, а також біомаси всіх інших видів.

Згодом це змагання призведе до того, що завдяки самостійному руху чи росту кожен вид фітопланктону накопичиться на глибині, що відповідає його еволюційній стратегії. Досягнувши цієї глибини, вид фітопланктону більше не може рухатися до поверхні (через відсутність у поверхневих шарах кількості поживних речовин, достатньої для цього виду), так само як не може рухатися до дна (через недостатню для цього виду освітленість у придонних шарах). Слід мати на увазі, що ця стабільність значною мірою умовна, адже режим насичення поживними речовинами, освітлення і перемішування постійно змінюється, особливо у водоймах помірних широт.

1.1.6. Антропогенне евтрофування

З усіх елементів біоценозу, що піддаються антропогенному впливу, найбільш суттєві перетворення відбуваються з планктонними організмами. Тому дані про різноманітність планктонних водоростей мають важливе значення при встановленні закономірностей функціонування водних екосистем і їх трансформації в умовах антропогенного впливу [9, 11].

Основне джерело забруднення водних басейнів – недостатньо очищені промислові стоки, а також вода що повертається з полів зрошення. Процесів самоочищення зазвичай недостатньо щоб компенсувати антропогенний вплив. Органічні речовини, що містяться у стічних водах, не встигають мінералізуватися в межах водотоку, і близько половини їх об'єму надходить у водойму [4, 8].

Крім того, органічні речовини потрапляють до водоймищ в процесі розмиву берегів, підіймаються з ложа водосховища при затопленні тощо. Основною причиною затоплення деревної маси у ложі водосховища є відмова від проведення лісосводки в планових обсягах через економічну неефективність. Водосховища, побудовані в лісовкриті регіонах, накопичують не тільки затоплену деревну масу, а й величезну кількість органіки що міститься в лісовому опаді, лісовій підстилці, дернині, моховому очосі на болотах, кореневій системі деревно-чагарникових порід, в гумусі і торфі. Забруднення органічними речовинами відбувається здебільшого завдяки гумусу, торфу і лісовій підстилці, що становить більше 80% від загального обсягу органічних забруднювачів [10].

Злив у водойму недостатньо очищених стічних вод чи мінеральних добрив з прилеглих сільських господарств, груба підготовка ложа водосховища до затоплення – всі ці фактори призводять до насичення водойми фосфором і азотом, так званими біогенними елементами [1, 17, 33]. Перенасичення водойми біогенними елементами порушує рівновагу між процесами синтезу і розкладу органічної речовини. Надлишок органічних

речовин і біогенних елементів у водоймі призводить до бурхливого розвитку фітопланктону – що, в свою чергу, значно знижує якість води [11, 19, 31].

Подібне екстремальне підвищення продуктивності водойми в результаті накопичення в ній біогенних елементів називається евтрофуванням чи евтрофікацією. Природне збільшення продуктивності водойм при їх старінні зазвичай відбувається протягом декількох століть. В водоймі накопичуються продукти життєдіяльності рослин і тварин, формується біогенний і хемогенний осад. В результаті накопичення осаду і насування сплавини (шару рослинності, який наростає від берегів і вкриває поверхню водойми) глибина і розміри водойми поступово зменшуються і, врешті-решт, вона перетворюється на болото або зникає зовсім [17].

Антропогенне евтрофування перебігає набагато швидше і нерідко супроводжується стресовими змінами водних екосистем [17]. Це і забруднення водойм токсинами – продуктами життєдіяльності планктону, і погіршення якості води за всіма основними показниками, а також замор риби і величезні економічні витрати, пов'язані з очищенням води. Вплив антропогенного евтрофування в першу чергу проявляється в озерах і водосховищах, адже відносна нерухомість водного середовища сприяє накопиченню у водній товщі біогенних елементів [32].

Якщо процес евтрофування не зупинити, врешті-решт він призведе до так званого цвітіння водойми. «Цвітінням» називають процес інтенсивного розмноження фітопланктону у водоймі, що погіршує якість води по багатьох показниках. Збільшення біомаси фітопланктону в воді підвищує витрати на очищення води, не гарантуючи при цьому повного звільнення її від клітин водоростей і їх метаболітів. У період цвітіння води в залежності від видового складу вдається видалити від 11 до 71% водоростей. Переважна більшість водосховищ питного і технічного призначення характеризується сильно забрудненими екосистемами внаслідок надмірного розвитку фітопланктону [17, 33].

Ключовим фактором у створенні сприятливих умов для цвітіння є накопичення у водоймі біогенних елементів. Прозорість води, розчинені в ній токсини, світловий і температурний режим, міжвидова взаємодія, швидкість течії – всі ці фактори впливають на розвиток фітопланктону, але за відсутності у водоймі запасів біогенних елементів вони не змогли б викликати цвітіння [33].

Що стосується Дніпра, затоплення територій населених пунктів, обширних ланів, тваринницьких ферм призвело як до насичення вод Дніпра різноманітними органічними речовинами, так і до збільшення загальної площі водного дзеркала з утворенням великих мілководних ділянок, що добре прогріваються і мають гідрологічний режим, сприятливий для інтенсивного розвитку фітопланктону та інших гідробіонтів [6, 13, 14, 31]. Уповільнення течії Дніпра після утворення дніпровського каскаду водосховищ призвело до збільшення обсягу утворення первинної біологічної продукції в середньому в 29 разів (Никифоров и др., 2008). Ці умови ускладнюються впливом антропогенного забруднення; потрапляння у Дніпро промислових, комунальних і ливньових стоків призводить до додаткового насичення його органічними речовинами [6, 13, 14].

Насиченість органікою і уповільнення течії призвели до радикальної зміни біоти Дніпра. В умовах зарегульованого стоку утворилася нова ієрархія гідробіонтів, і природний процес фітопланктонного цвітіння прийняв катастрофічні масштаби [6, 13, 18]. Первинна продукція фітопланктону дніпровських водосховищ за липень-вересень за різними оцінками становить понад 108 тонн сухої біомаси водоростей [32]. Домінуючими агентами цвітіння у дніпровських водосховищах є представники родів *Microcystis*, *Phormidium*, *Aphanizomenon*, *Anabaena* та *Oscillatoria*; всі вони належать до ціанобактерій [18]. У період цвітіння ціанобактерій вони становлять 80-90% біомаси фітопланктону [17].

Інтенсивний розвиток фітопланктону, зокрема ціанобактерій, негативно впливає на характеристики води і становить загрозу для багатьох

гідробіонтів. На всьому каскаді Дніпровських водосховищ спостерігається тенденція щодо зменшення показників промислових уловів через низьке відтворення водних біоресурсів та випадків масової їх загибелі [14, 29, 30].

1.2 Характеристики фітопланктону, що впливають на його локалізацію у водному стовпі

1.2.1 Діатомові та їх місце у вертикальній структурі фітопланктону

Діатомові водорості (клас *Bacillariophyceae*) створюють значну частку первинної продукції багатьох озер. Як високоякісне джерело живлення первинних консументів, вони виступають ланцюгом, що пов'язує вищі трофічні рівні з нижчими. Вони відіграють важливу роль у кругообігу поживних речовин, фіксуючи вуглець у поверхневих шарах води і транспортуючи його до глибоких шарів [3].

Клітинна стінка у клітинах діатомових водоростей насичена оксидом кремнію; розмір індивідуальних клітин може варіювати у межах 2-500 мкм, але зазвичай знаходиться у діапазоні 10-200 мкм. Ці відносно великі клітини з щільними стінками швидко потопують, тому діатомові водорості нерідко покладаються на процеси перемішування для того щоб залишитися у верхніх шарах водойми з достатнім освітленням. Крім того, більшість видів має пристосування до виживання в умовах надлишку поживних речовин та низького освітлення.

Порівняно з іншими видами фітопланктону, діатомові водорості ростуть досить швидко. У озерах помірного клімату їх популяції зазнають значного впливу від зміни сезонів; нерідко спостерігається весняне цвітіння діатомових, стимульоване сезонним перемішуванням води у водоймі.

Стосовно температурної чутливості, більшість діатомових водоростей України є мезотермними, тобто найкраще розвиваються при помірних

температурах. Широко поширеними є також і евритермні водорості, що здатні до розвитку у широкому діапазоні температур: від от 0,0-8,0 °С зимою під кригою, до 27,0-39,0 °С у водоймах для охолодження ТЕС і АЕС. Взагалі вважається, що вегетація діатомових водоростей можлива у межах від 0 до 50°С [3].

В умовах термальної стратифікації розвиток діатомових водоростей пригнічується. Це відбувається через недостатнє перемішування води у водоймі, що призводить до потопання їх клітин у недостатньо освітлені глибокі шари, а також гальмує розповсюдження поживних речовин турбулентними потоками. У таких умовах дрібні види діатомових водоростей мають перевагу перед видами з великими клітинами, адже дрібні клітини з високим відношення поверхні клітини до її об'єму повільніше потопують, здатні до більш ефективного поглинання поживних речовин та світла, швидше поділяються. З іншого боку, великі клітини мають перевагу в умовах, коли поживні речовини постачаються турбулентними потоками. Відношення між розміром клітин діатомових водоростей і їх адаптацією до умов середовища можна використовувати для прогнозування розвитку цих водоростей в певних умовах.

До діатомових водоростей входить широкий спектр видів, що відрізняються між собою за опірком до забруднення органічними речовинами. Серед них є як види, здатні до розвитку в умовах сильного забруднення, так і ті що розвиваються у надзвичайно чистих водах. Через це (а також через широке їх поширення) діатомові водорості використовують у біомоніторингу як індикаторні види [3].

1.2.2 Ціанобактерії та їх місце у вертикальній структурі фітопланктону

З усіх фототрофів на Землі ціанобактерії (тип *Cyanobacteria*, також відомі як синьо-зелені водорості) є одними з найдавніших. Їх здатність до виживання в екстремальних умовах, імовірно, є наслідком довгої

еволюційної історії (близько 3 мільярдів років), протягом якої ціанобактерії зазнали різноманітних кліматичних змін і крайнощів, і винайшли відповідні механізми пристосування.

Максимальне значення ККД (Коефіцієнту Корисної Дії) фотосинтезу у ціанобактерій досягає 20%, що більш ніж в 200 разів перевищує середнє значення ККД фотосинтезу на Землі [18].

Багато видів ціанобактерій у несприятливих умовах утворюють акінети - клітини з багат шаровою стінкою, стійкі до висихання і коливань температури.

Ціанобактерії також легко адаптуються до змін в умовах харчування, засвоюючи всі форми азоту (нітрати, нітроти, амонійний та атмосферний азот), іони заліза (шляхом хелації), запасуючи фосфор, азот та інші поживні речовини [22]. Вони є єдиними на нашій планеті організмами, здатними до засвоєння чотирьох газів: вуглекислого газу для фотосинтезу, кисню для дихання, сірководню для хемосинтезу і азоту для його фіксації, що дозволяє одній похідній клітині за вегетаційний період (70 днів) утворити 1020 дочірніх клітин [32].

Ціанобактерії проявляють метаболічну гнучкість – при високих концентраціях поживних речовин вони оптимально утилізують їх для швидкого росту, проте здатні також виживати при дефіциті поживних речовин.

Питома щільність ціанобактерій менша за щільність води, тому при цвітінні вони накопичуються на поверхні водойми, утворюючи своєрідну плівку (найбільш помітною ця плівка є протягом штилю) [4, 18, 33]. Ця плівка зменшує коефіцієнт відбиття сонячних променів, сприяючи прогріванню поверхневого шару водойми; вона також слугує бар'єром, що знижує тепловіддачу з водойми в атмосферу [14, 33]. Температурний оптимум ціанобактерій знаходиться в області >30 °С, в той час як більшість одноклітинних водоростей мають температурний оптимум близько 15-25 °С. Перехоплюючи сонячну радіацію у самої поверхні та сприяючи прогріванню

поверхневого шару водойми, ціанобактерії ефективно затримують розвиток своїх головних конкурентів – еукаріотичних водоростей [33].

Ціанобактерії також здатні до автономного переміщення у водному середовищі, реагуючи на зміну освітленості і розподілу поживних речовин. Вони виробляють широкий спектр фотозахисних (в тому числі УФ-захисних) клітинних пігментів, так само як спеціальні метаболіти, що підвищують їх опір несприятливим умовам навколишнього середовища, таким як фотоокиснення.

Вони вступають у симбіотичні відносини з іншими біологічними видами; такі відносини забезпечують для обох видів більш вигідні умови виживання, ніж при окремому існуванні обох партнерів.

Крім наявності біогенних елементів, розвитку ціанобактерій також сприяють такі фактори як повільна течія, висока прозорість води і велика площа мілководних плес. Однак ні тепловий, ні проточний режим не змогли б викликати цвітіння ціанобактерій, якби у водоймі не містилися запаси біогенних елементів [32, 33].

В дніпровських водосховищах особливо чисельними є ціанобактерії родів *Microcystis*, *Phormidium*, *Aphanizomenon*, *Anabaena* та *Oscillatoria* [18, 33].

1.2.3 Евгленові та їх місце у вертикальній структурі фітопланктону

Евгленові планктонні водорості (тип Euglenophycota) широко розповсюджені у прісних евтрофних водоймах з повільною течією, таких як Запорізьке водосховище. Різні їх види мають клітини різноманітної форми, від шароподібної до циліндричної, проте найбільш поширеною є веретеноподібна форма з одним чи двома джгутиками. Деякі види виділяють слиз на поверхні пеллікули або утворюють тверді, інкрустовані залізом будиночки [2, 20]. Форма та вага клітин виду впливає на його вертикальний розподіл через регуляцію швидкості потопання клітин.

У складі евгленового планктону виділяють зелені та безбарвні види. Відмінність між цими двома групами полягає у кольорі хлоропластів, що у свою чергу визначає характер живлення виду – зелені евгленові види здебільшого покладаються на фотосинтез, в той час як безбарвні види живляться взвішеними чи розчиненими у воді органічними речовинами. Зелені види зустрічаються частіше, ніж безбарвні [16, 20]. Слід зазначити, що навіть фототрофні зелені форми евгленового планктону здатні поглинати і засвоювати деякі прості органічні речовини. Таким чином вони відіграють важливу роль у біологічному очищенні вод [16].

Схильність евгленового планктону до евтрофних водойм дозволяє використовувати його види у якості організмів-індикаторів, що вказують на ступінь забруднення водойми органічними речовинами та біогенними елементами [16].

Завдяки своїм джгутикам евгленові здатні до самостійного руху. Існують як плазуючі види з недорозвиненими джгутиками, так і види, здатні до повноцінного переміщення у товщі води від поверхні до дна. Здатність до руху використовується фотосинтезуючими евгленовими у циклах добової міграції, забезпечуючи найоптимальніше поглинання сонячного світла. Реакція евгленових на світло зумовлена наявністю світлочутливого рецептора – вічка, що зазвичай розташоване з переднього краю тіла. Зменшення рівня освітлення стимулює вертикальний рух евгленового планктону ближче до поверхні водойми, проте 100%-ий рівень освітлення пригнічує фотосинтез [2, 20].

Евгленові здатні також до швидкого переміщення у донних відкладеннях, де вони поглинають осідаючі поживні речовини; занурення евгленових у донні відкладення значною мірою обмежує кількість світла, що отримується клітиною, і може таким чином захистити клітину від фотоінгібуючого ефекту 100%-го рівня освітлення.

Таким чином, здатність фотосинтезуючого евгленового планктону до вертикальної міграції позитивно впливає на оптимальність фотосинтезу, а

отже, і на темп утворення первинної продукції. Масовий розвиток евгленового планктону спричиняє утворення на поверхні водойми плівки, що складається з клітин декількох евгленових видів і сприяє заморним явищам взимку і навесні. Протягом евгленового цвітіння вода забарвлюється у зелений, червоний або бурий колір [16, 20]

1.2.4 Зелені водорості та їх місце у вертикальній структурі фітопланктону

Переважає більшість планктонних зелених водоростей (відділи Chlorophyta та Charophyta) мешкає у прісних водоймах: озерах, ставках, струмках та болотах. Ця група різноманітна за формами та розмірами планктонних клітин, включаючи найменшого вільноіснуючого еукаріота у світі (*Ostreococcus tauri*).

Більшість зелених водоростей мають міцні клітинні стінки, що складаються з целюлози. На відміну від діатомових, більшість видів зелених водоростей тоне дуже повільно, або має рухливість, достатню для того щоб уникнути осідання на дно. Це досягається частково завдяки слизу, що виділяється клітинами зелених планктонних водоростей як побічний продукт фотосинтезу. Цей слиз складається з гідрофільних полісахаридів, що зв'язують воду; за щільністю він близький до щільності води, і при достатньому об'ємі слизової оболонки може сприяти плавучості планктонних клітин. Присутність слизу не може зробити організм менш щільним, ніж оточуюча вода, проте у достатніх об'ємах слиз може наблизити середню щільність клітини або колонії набагато ближче до щільності середовища. Знижуючи тертя клітин о воду, слиз сприяє швидкому їх переміщенню у товщі води в умовах навіть незначного перемішування. Таким чином, при наявності перемішування у водоймі, регулювання плавучості достатньо для ефективного контролю вертикального положення зеленого фітопланктону у водяному стовпі [37].

Іншим механізмом контролю вертикального переміщення є джгутики, присутні у деяких видів зеленого фітопланктону. Типовими є два джгутики східної структури, що можуть відрізнятися за довжиною. Переміщення рухомих видів відзначається сильним позитивним фототаксисом у першій половині дня із поступовим зниженням фоточутливості протягом сонячного дня; з іншого боку, при високій інтенсивності освітлення можливе перенасичення, що призводить до тимчасового негативного фототаксису. Зелені водорості швидко і активно пристосовуються до різних умов освітлення; деякі з них здатні до розмноження у темних глибоких шарах за умови достатнього перемішування. Поступове збільшення інтенсивності світла призводить до збільшення розміру клітин.

Оптимальна температура зростання зелених водоростей знаходиться у діапазоні 20-30°C. У теплих водах спостерігається переважання дрібних форм, адже збільшення температури призводить до збільшення швидкості метаболізму, це співвідношення пов'язано зі зворотним відношенням між розміром клітини та активністю метаболізму; іншими словами, швидкість обміну речовин на одиницю об'єму зменшується при збільшенні розмірів організму.

Що стосується живлення, переважна кількість зелених водоростей – фототрофи. Існують також види, здатні до поглинання розчинених у воді органічних речовин та засвоєння їх. В умовах органічного забруднення водойми може статися цвітіння зеленого фітопланктону.

2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дніпровське водосховище знаходиться на території Дніпропетровської та Запорізької адміністративних областей України. Водосховище було споруджене на порожистій та середній частинах р. Дніпро у 1931–1934 рр. у результаті побудови греблі Дніпрогес. Знизу водосховище обмежене греблею Дніпрогесу у м. Запоріжжя, зверху – греблею Кам'янської ГЕС у м. Кам'янське. Площа водозабору водосховища дорівнює 463000 км². Довжина водосховища – 128,5 км, максимальна глибина – 60 м (біля греблі Дніпрогесу), середня – 8 м [5, 26].

Водообмін Дніпровського водосховища: повний об'єм – 3,3 км³, корисний – 0,84, середній річний стік – 51,8, водообмін – 15,7 раз на рік.

Територія, на якій розташоване водосховище належить до Північно-степової зони України. Правий берег знаходиться у зоні Придніпровської височини [26, 30].

Клімат помірно-континентальний зі спекотним засушливим літом. Середньорічна кількість опадів у центрі району (м. Дніпро) – 472 мм. Зима з періодичними відлигами до +14°C.

Головними геоморфологічними елементами у районі водосховища є тераси річних долин, водні та ерозійні форми рельєфу (балки, яри). Особливістю Дніпровського водосховища є наявність двох різних частин: верхньої (від м. Кам'янське до гирла р. Самара) з широкою терасованою долиною та розвинутою системою річки (багато озер), і нижньої (від гирла р. Самара до м. Запоріжжя) – каньйоноподібної, де р. Дніпро протікає розломом

Українського кристалічного щита, це зумовлює відсутність розробленої терасованої долини у нижній частині [26, 30].

Водороздільні плато та схили складають 58 % периметра водоймища. Плато поділені балками та ярами.

Водосховище розташоване на межі агрогрунтових степових провінцій: Лівобережно-Дніпровської і Правобережно-Дніпровської, у яких переважають чорноземи звичайні.

До водоохоронної зони належать території по обидва береги водойми із середньою шириною 1,2 км і площею 66,57 тис. га. з них 49,6 % займають сільськогосподарські угіддя, 8,4 % - землі населених пунктів, 2% - колгоспні ліси, 33,7% - держлісфонд. У господарствах водоохоронної зони зосереджено 21 тис.га зрошуваної ріллі [5, 26].

Рослинність водоохоронної зони водосховища представлена в основному агроценозами та степовими рослинами, ліси складають 22,5 %.

Зональний тип рослинності району дослідження – різнотравно-типчакowo-ковильні степи. Більш різноманітна рослинність території долинно-терасового ландшафту.

При фізико-географічному районуванні Дніпровського водосховища були прийняті такі таксономічні одиниці: плесо, частина, район, мілководний підрайон. Враховуючи те, що водойма утворена в основному на затоплених долинах Дніпра і Самари, його акваторія поділена на 2 плеси: Головний Дніпровський і Крайовий Самарський. Поділ Дніпровського плеса на частини, а Самарського – на райони заснований на розходженні морфології ложа, морфометрії водоймища, глибин, острівності. При поділі на райони основними критеріями стали: ступінь затоплення, швидкість течії, фізичні і хімічні показники якості води, характер мілководь, острівність. Уперше екваторіальний розподіл Дніпровського водосховища зробив Д. О. Свиренко (1938). Він поділив водоймище на дві частини: верхню – від місця відклинцювання (м. Верхньодніпровськ) підпору до колишньої порожистої ділянки і нижню – колишню порожисту [26].

Площа мілководь та островів дуже мала. Мілководдя сформувалися вздовж берегів плеса у результаті хвильових абразивних процесів.

У Самарському плесі мілководдя займають до 80 % акваторії.

Кривизна берегів водосховища досить значна, особливо у південній пригреблевій частині, де гирла балок затоплені та перетворені у вузькі затоки

Прибуткова частина водного балансу складає у середньому 46,6 км³/рік, з яких 98% - це стік через Кам'янський гідровузол, 2% – бокова приточність та опади. У витратній частині балансу переважає стік через Запорізький гідровузол. Значний об'єм складає водопостачання на побутові потреби – 3 км³/рік, з яких 1,8 – 2,5 км³/ рік повертається у вигляді стоків [5]. Відхили водної поверхні на озероподібній частині водоймища спостерігаються лише у період весняної повені, в інші сезони вони незначні.

У річній динаміці температури виділені такі сезони: осінньої гомотермії, яка продовжується до замерзання водойми та розвитку зворотної стратифікації; весіннього накопичення тепла в умовах гомо термії; розвитку прямої стратифікації під час весняно-літнього прогрівання до періоду найбільших річних температур. Максимальна температура у поверхневому шарі водної товщі досягається у червні-серпні (24–30°C), найменша температура у жовтні-листопаді (5,5–6,5°C).

Води Запорізького водосховища належать до гідро-карбонатного класу кальцієвої групи II типу, також водосховище має великий водообмін, мале спрацювання рівня, значні глибини, порівняно невелику площу мілководь, які розподілені нерівномірно [26].

На берегах водосховища розташовано багато населених пунктів, великі індустріальні центри – м. Дніпро, м. Запоріжжя, м. Кам'янське. Зростаючі витрати води із водосховища на потреби комунального господарства, промислового і сільськогосподарського виробництва впливають негативно на його санітарний стан.

3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Відбір і опрацювання проб фітопланктону

Відбір проб фітопланктону проводили на території пасажирських причалів Дніпровського річкового вокзалу (пл. Десантників, 1), що розташовані на правому березі Дніпровського водосховища, в 393 км від гирла р. Дніпро.

Проби річкової води відбиралися 11 червня, 9 липня і 11 серпня 2020 року. Ці дати було обрано для того, щоб найбільш повно охопити період інтенсивної вегетації фітопланктону. Кожного літнього місяця ми відбирали 4 проби: першу у поверхневому шарі (глибина 0 м), другу на глибині 1 м, третю на глибині 2 м, четверту на глибині 3 м. Загалом за весь період дослідження було відібрано 12 проб фітопланктону.

Відбір проб фітопланктону проводився з пасажирських причалів Дніпровського річпорту за допомогою батометра ГР-16 модифікованої конструкції. Глибина води біля причалів сягала 3–3,6 м.

Обважений залізним тягарцем батометр спускали з причала у воду на міцному сталевому тросі. До певної ділянки тросу була прикріплена порожня пластикова пляшка ємністю 5 л, що слугувала поплавцем та зупиняла занурення батометра на необхідній глибині. Зупинення занурення у такий спосіб сприяло розвороту батометра кришкою до поверхні; за такої орієнтації вода починала заповняти батометр, в той час як бульбашки повітря виходили з його трубки. Коли бульбашки припиняли впливати на поверхню, батометр підіймали на причал.

Річкову воду з батометра переливали у чисту пластикову пляшку ємністю 0,5 л та одразу ж додавали близько 3 мл 40%-го формаліну. Пляшку негайно позначали водонерозчинним маркером, вказуючи дату і глибину відбору проби. Перед відбором наступної проби батометр ополіскували попередньо прокип'яченою чистою водою для того щоб запобігти змішуванню фітопланктону з різних проб.

Відібрані і зафіксовані проби відстоювали у темному та прохолодному погребі протягом 10 днів. За цей час більшість планктонних клітин у пляшках потопали на дно чи спливали на поверхню, в залежності від щільності їх клітин. Це дозволило нам видалити середній шар води, що майже не містив планктонних організмів; видалення проводили піпеткою, зтягнутою 4 шарами дрібнопористого газу, доки у пляшці не залишалося 10 мл концентрату.

Отриманий концентрат транспортували до лабораторії гідробіології, іхтіології та радіобіології ДНУ ім. Олесья Гончара.

Видову належність планктонних мікроорганізмів визначали на лічильних камерах Нажотта та Горяєва під мікроскопом БЮЛАМ, користуючись визначником «Пресноводные водоросли Украинской ССР» за авторством Топачевського О. В. та Масюк Н. П [28].

Через велику кількість дрібних клітин у колоніях ціанобактерії *Microcystis aeruginosa* облік кожної клітини виявляється недоцільним. Замість цього ми оцінювали загальну площу колонії та визначали приблизну кількість клітин у колонії такої площі за наступною формулою:

$$N_{colony} = 10^{(2,99 \times \ln \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}}) - 2,8}, \quad (1)$$

де N_{colony} – кількість клітин *M. aeruginosa* у даній колонії, S – площа колонії (мкм²).

Кількість клітин фітопланктону на м³ визначали окремо для кожного виду за формулою:

$$N_{species} = \frac{n}{V} \times 10 \times \frac{1000}{0,5}, \quad (2)$$

де $N_{species}$ – кількість клітин даного виду фітопланктону на m^3 річкової води; n – кількість клітин фітопланктону у лічильній камері; V – об'єм лічильної камери; 10 – кількість мл у концентрованій пробі; 0,5 – кількість л у неконцентрованій пробі; 1000 – кількість л у $1 m^3$.

Біооб'єм кожного виду фітопланктону знаходили за формулою:

$$V_{species} = V_{cell} \times N_{species}, \quad (3)$$

де $V_{species}$ – сумарний біооб'єм клітин даного виду фітопланктону на m^3 річкової води; V_{cell} – біооб'єм клітини даного виду фітопланктону; $N_{species}$ – кількість клітин даного виду фітопланктону на m^3 річкової води (див. формулу 2). Біооб'єм клітини для кожного виду фітопланктону визначали, прирівнюючи форму клітини до простої геометричної фігури та обчислюючи об'єм цієї фігури за стандартними стереометричними формулами. Отримані показники біооб'єму ми порівнювали з наведеними у довідниках, щоб перевірити точність наших розрахунків.

Індекс видової різноманітності (також відомий як індекс Шеннона чи ентропія Шеннона) знаходили за формулою:

$$H = -\sum p_i \ln p_i, \quad (4)$$

де H – індекс видової різноманітності, p_i – відношення кількості особин конкретного виду до загальної кількості особин $\left(\frac{n_i}{N}\right)$, $\ln p_i$ – натуральний логарифм p_i (Shannon, 1948).

Статистичне опрацювання даних здійснювали з використанням програмного пакету для персональних комп'ютерів *Microsoft Excel 2003*.

3.2 Гідрохімічні і гідрофізичні дослідження

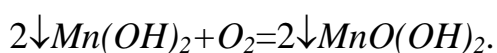
3.2.1 Визначення показників рН потенціометричним методом

Принцип методу. Потенціометричне визначення рН зі скляним електродом ґрунтується на тому, що зміна рН розчину на одиницю викликає зміну електродного потенціалу E на 58,16 мВ при 20°C [29].

Методика визначення. Перед початком виміру скляний індикаторний електрод та хлоросрібний електрод порівняння промивали дистильованою водою, потім досліджуваною водою і лише після цього занурювали у пробу. Разом з електродами у пробу занурювали термокомпенсатор або термометр для ручної компенсації температури. Через 3 і 5 хвилин відмічали показання приладу, які повинні бути однаковими, тому що час встановлення потенціалу чистого скляного електрода дорівнює 2–3 хв.

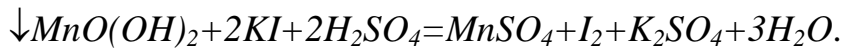
3.2.2 Визначення вмісту розчиненого кисню методом йодометрії

Принцип методу. Йодометричне визначення кисню складається з двох етапів: фіксації розчиненого кисню, яку потрібно провести негайно на місці відбору проби води, і титрування, яке можна виконувати через деякий час після фіксації, але не пізніше однієї доби [29]. Метод використовують при аналізі незабарвлених або слабо забарвлених вод із вмістом кисню не менше 0,05 мгО₂/дм³. Метод ґрунтується на взаємодії розчиненого у воді кисню з гідроксидом мангану в лужному середовищі:

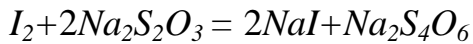


При цьому відбувається фіксація розчиненого кисню [29, 30] Далі, розчиняючи осад $MnO(OH)_2$ в кислоті ($pH < 1$) при наявності надлишку

йодистого калію, утворюється йод, кількість якого еквівалентна вмісту розчиненого кисню:



Йод, який виділився, титрують розчином тіосульфату натрію при наявності крохмалю як індикатора:



За кількістю витраченого на титрування тіосульфату обчислюють вміст кисню у воді.

Методика визначення. Кисневу склянку споліскують 2-3 рази досліджуваною природною водою, а потім заповнюють пробую води до вінця так, щоб на внутрішній поверхні склянки не залишилося пухирців повітря. Потім у склянку вводять окремими піпетками 1 см^3 розчину хлориду мангану та 1 см^3 лужного розчину йодиду калію. Піпетку занурюють до половини посудини і в міру витікання розчину піднімають. Потім швидко закривають її пробкою так, щоб не залишилося пухирців повітря, і перемішують. При цьому утворюється осад гідроксиду мангану (II), який частково окиснюється до бурого осаду $MnO(OH)_2$ розчиненим у воді киснем. Осад залишають відстоюватись не менше ніж 10 хв, але не довше однієї доби. Потім піпеткою додають 5 см^3 розчину сірчаної кислоти. Піпетку занурюють майже до поверхні осаду і в міру витікання розчину її повільно піднімають так, щоб осад не скаламутився. Частина прозорого розчину, який при цьому виливається зі склянки, не впливає на результат аналізу. Посудину закривають пробкою і ретельно перемішують. При цьому йодид окиснюється до йоду, а осад гідроксиду мангану розчиняється.

Відбирають піпеткою 50 см^3 розчину, переносять у конічну колбу місткістю 250 см^3 та титрують тіосульфатом, поки розчин не стане світло-жовтим. Потім додають 1 см^3 свіжоприготовленого розчину крохмалю і продовжують титрувати до зникнення синього кольору.

Абсолютний вміст кисню розраховують за формулою:

$$A = \frac{n \times N \times 0,08}{V - v} \times 1000,$$

де А – кількість кисню O_2 , мг/л; n - кількість $Na_2 S_2 O_3$, витрачена на титрування проби, мл; N – поправка на концентрацію розчину для титрування; V – об'єм склянки, мл; V – об'єм доданих реактивів Вінклера, мл; (V – v) – об'єм досліджуваної води, мл; 0,08 – коефіцієнт для перерахунку вмісту кисню на міліграми (коефіцієнт для перерахунку вмісту кисню на мілілітри – 0,0558).

3.2.3 Визначення вмісту нітратів методом фотометрії

Принцип методу. У дуже кислому середовищі при нагріванні нітрат-іони взаємодіють з саліцилатом натрію, утворюючи суміш 3- та 5-нітросаліцилової кислот. Аніони цих кислот у лужному середовищі забарвлені в яскраво-жовтий колір [29, 30]. Нижня межа визначення дорівнює $0,05 \text{ мгN/дм}^3$ при об'ємі проби 10 см^3 .

Вплив хлоридів можна усунути розбавленням досліджуваної води або їх видаленням. Щоб видалити хлориди, до 100 см^3 проби додають еквіваленту кількість розчину сірчаноокислого срібла, 1 см^3 якого відповідає 1 мг Cl . Якщо кількість нітрит-іонів понад 2 мг/дм^3 , їх необхідно видалити випаровуванням проби води досуха на водяній бані, додаючи 50 мг сульфату амонію.

Методика визначення. До 10 см^3 або іншого об'єму профільтрованої проби води, яка містить не менше $0,002 \text{ мг}$ нітратного азоту, додають краплю розчину $NaOH$, щоб утворити лужне середовище (контролюють універсальним індикаторним папірцем), 1 см^3 розчину саліцилату натрію і випарюють досуха у фарфоровій чашці на водяній бані. До гарячого сухого залишку додають 1 см^3 концентрованої сірчаної кислоти так, щоб увесь осад був змочений, і залишають відстоюватись 10 хв . Потім вміст чашки розбавляють дистильованою водою, кількісно переносять у мірну колбу місткістю 50 см^3 , додають 7 см^3 розчину $NaOH$, охолоджують, доводять

об'єм дистильованою водою до риски і перемішують. Вимірюють оптичну густину розчину на спектрофотометрі при $\lambda=410$ нм або на фотоелектроколориметрі з фіолетовим світлофільтром ($\lambda_{сф}=400$ нм) у кюветі, товщина поглинального шару якої 3 см. Якщо оптична густина розчину менша за 0,02 або більша за 1,0, то для аналізу відбирають відповідно більший або менший об'єм проби. Розчин порівняння – дистильована вода.

Одночасно проводять “холостий” дослід з 10 см³ дистильованої води а отриману оптичну густину віднімають від оптичної густини проби. Вміст нітрат-іонів у мгN/дм³ визначають за градувальним графіком.

Щоб виконати аналіз без попереднього видалення забарвлених органічних речовин, проводять паралельно другий “холостий” дослід із таким же об'ємом проби, але без розчину саліцилату натрію. Отриману оптичну густину також віднімають від оптичної густини проби.

3.2.4 Визначення вмісту нітритів у воді за фотометричною методикою Грісса

Принцип методу. Метод ґрунтується на діазотуванні сульфанілової кислоти наявними у пробі води нітритами і взаємодії утвореної солі діазонію з α -нафтиламіном, що призводить до утворення інтенсивно забарвленого в червоно-фіолетовий колір азобарвника. Нижня межа визначення нітритів дорівнює 0,01 мгN/дм³ при об'ємі проби 25 см³. Лінійна залежність між оптичною густиною розчину і концентрацією нітритів зберігається в інтервалі 0,01-0,30 мгN/дм³ [29].

Методика визначення. 25 см³ досліджуваної води або менший об'єм, доведений до 25 см³ дистильованою водою, вносять у конічну колбу місткістю 100 см³, додають приблизно 10 мг сухого реактиву Грісса або 2,5 см³ його розчину і ретельно перемішують. Через 40 хв вимірюють оптичну густину розчину на спектрофотометрі при $\lambda=536$ нм або фотоелектроколориметрі з зеленим світлофільтром ($\lambda_{сф}=490$ нм) у кюветі з

товщиною поглинального шару 2 см. Розчин порівняння – дистильована вода. Якщо оптична густина більша за 1,00, то для аналізу відбирають менший об'єм проби і доводять дистильованою водою до 25 см³.

Одночасно вимірюють оптичну густина такої ж проби досліджуваної води (“холостий” дослід), до якої не додають сухого реактиву Грісса або додають 2,5 см³ 12%-ної оцтової кислоти замість розчину реактиву Грісса, і отримане значення віднімають від оптичної густини проби.

Вміст нітрит-іонів у мгN/дм³ визначають за градувальним графіком.

Вміст нітритів C_x у мгN/дм³ обчислюють за рівнянням:

$$C_x = \frac{C \cdot 25}{V},$$

де C – концентрація, визначена за градувальним графіком, мгN/дм³; V – об'єм проби, см³.

3.2.5 Визначення вмісту амонійного азоту з реактивом Неслера

Принцип методу. У лужному середовищі аміак взаємодіє з тетраїодомеркуратом (II) калію, утворюючи малорозчинну жовто-коричневу сполуку – йодид димеркуро-дийодоамонію [329].

Впливу твердості води, особливо солей магнію, які під час аналізу утворюють осад $Mg(OH)_2$, позбуваються, додаючи розчин сегнетової солі. Велику кількість сполук заліза та каламутність води видаляють за допомогою солі цинку.

Методика визначення. До 50 см³ проби, або менший об'єм, доведений до 50 см³ бідистильованою водою, додають 0,5 см³ розчину сегнетової солі і ретельно перемішують. Потім додають 1 см³ реактиву Неслера, перемішують і через 10 хв вимірюють оптичну густина розчину на фотоелектроколориметрі з фіолетовим світлофільтром ($\lambda_{ef}=440$ нм) у кюветі з товщиною поглинального шару 3 см. Розчин порівняння – дистильована вода. Забарвлення суміші не змінюється протягом 30 хв. Якщо оптична

густина розчину більша за 1,0, то для аналізу відбирають менший об'єм проби, а якщо менша за 0,02, то відбирають більший об'єм і випарюють до 50 см³. Паралельно проводять “холостий” дослід з бідистильованою водою і отриману оптичну гуστину віднімають від оптичної гуστини проби.

Вміст іонів NH_4^+ (C_x) у мгN/дм³ обчислюють за рівнянням:

$$C_x = \frac{C \cdot 50 \cdot k}{V},$$

де C – концентрація, визначена за градувальним графіком, мг/дм³;

V – об'єм проби, см³. [46]

Коефіцієнт $k=(100+1+V_{\text{луг}})/100$, де 1 і $V_{\text{луг}}$ - відповідно об'єми (см³) розчинів $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ і KOH або $NaOH$, які додавали до 100 см³ проби, якщо була потреба видалити компоненти, що заважають аналізу. Якщо сіль цинку та луг не додавали, то $k=1$.

3.2.6 Визначення вмісту фосфатів у воді методом фотометрії

Принцип методу. Під час взаємодії ортофосфатів із молібдатом амонію в кислому середовищі ($pH \approx 1$) утворюється забарвлена в жовтий колір фосфорномолібденова гетерополікислота. У результаті дії відновника, наприклад аскорбінової кислоти, молібден (VI) у гетерополікислоті відновлюється до середнього ступеня окиснення +5,5, який відповідає суміші еквівалентних кількостей Mo (VI) та Mo (V). Внаслідок цього утворюється сполука синього кольору – “молібденова синь”. Інтенсивність забарвлення розчину пропорційна концентрації ортофосфатів [29, 30].

Методика визначення. У колбу місткістю 100 см³ відбираються 50 см³ профільтрованої проби (або інший об'єм, випарений або розведений до 50 см³ дистильованою водою), додають 10 см³ змішаного реактиву і розчин перемішують. Через 10 хв вимірюють його оптичну гуστину на спектрофотометрі при $\lambda=682$ нм або на фотоелектроколориметрі з червоним

світлофільтром ($\lambda_{ef}=670$ нм) у кюветі з товщиною поглинального шару 5 см. Розчин порівняння – дистильована вода.

Одночасно проводять “холостий” дослід з дистильованою водою, а величину отриманої оптичної густини віднімають від оптичної густини проби.

Якщо оптична густина проби після віднімання оптичної густини “холостого” досліджу менша за 0,02 або більша за 0,5, то для аналізу відбирають відповідно більший або менший об’єм проби.

Вміст ортофосфатів у мг P/дм³ визначають за градувальним графіком. Вміст ортофосфатів C_x у мгP/дм³ обчислюють за рівнянням:

$$C_x = \frac{C \cdot 50}{V},$$

де C – концентрація ортофосфатів, визначена за градувальним графіком, мгP/дм³ ;

V – об’єм проби, см³.

3.2.7 Визначення перманганатної окиснюваності

Принцип методу. Окиснення легкодоступних для гідробіонтів органічних сполук проводиться перманганатом калію в сірчанокислотному середовищі під час кип’ятіння. Надлишок перманганату після кип’ятіння визначають йодометрично. Ступінь окиснення органічних сполук сильно залежить від концентрації окисника.

Методика визначення. У конічну колбу місткістю 250 см³ вносять 100 см³ або менший об’єм проби, доведений до 100 см³ бідистильованою водою, додають декілька кипілок, приливають 5 см³ розчину H_2SO_4 (1:3) і нагрівають. На початку кипіння приливають 10 см³ 0,01 моль-екв/дм³ розчину $KMnO_4$, закривають колбу пробкою-холодильником і після цього кип’ятять рівно 10 хв. Якщо рожеве забарвлення перманганату зникає або стане дуже світлим, аналіз повторюють з меншим об’ємом проби. Розчин

охолоджують, додають приблизно 0,5 г сухого йодистого калію і титрують йод, який виділився, 0,01 моль-екв/дм³ розчином тіосульфату натрію до досягнення світло-жовтого забарвлення. Потім додають 1 см³ розчину крохмалю і продовжують титрувати до зникнення синього кольору розчину. Одночасно проводять “холостий” дослід з 100 см³ бідистильованої води [29].

Перманганатну окиснюваність у мг О/дм³ обчислюють за рівнянням:

$$ПО = \frac{8 \cdot C \cdot (V_1 - V_2) \cdot 1000}{V} - C_g,$$

де 8—молярна маса еквівалента кисню;

C — концентрація розчину тіосульфату натрію, моль-екв/дм³;

V_1 та V_2 — відповідно об'єми розчину тіосульфату натрію, витрачені на титрування “холостого” досліді і проби, см³;

V — об'єм проби, см³;

C_g — вміст неорганічних відновників, мг О/дм³.

Нижня межа визначення дорівнює 0,4 мгО/дм³ при об'ємі проби 100 см³ і різниці $V_1 - V_2 = 0,5$ см³.

Нормативні значення показників враховувалися згідно ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання», СОУ-05.01.-37-385:2006 «Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми», ДСТУ 2284:2010 «Риба жива. Загальні технічні вимоги».

Екологічну оцінку якості води здійснювали за гідрохімічними показниками, що характеризують процеси самоочищення (рН, вміст біогенних сполук азоту і фосфору, розчиненого кисню, перманганатної окиснюваності) у відповідності до «Методики екологічної оцінки поверхневих вод за різними категоріями» (Романенко В.Д. та ін., 1998) та ін. [21].

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

4.1 Аналіз видового складу фітопланктону Дніпровського водосховища

У водах Дніпровського водосховища було виявлено 71 вид планктонних водоростей. Найбільша кількість видів спостерігалася у липневих пробах (49), а найменша – у червневих (25).

Було опізнано 25 видів діатомових, 27 зелених, 1 золотистих, 13 ціанобактерій, 1 динофітових, 2 евгленових та 2 види жовто-зелених водоростей.

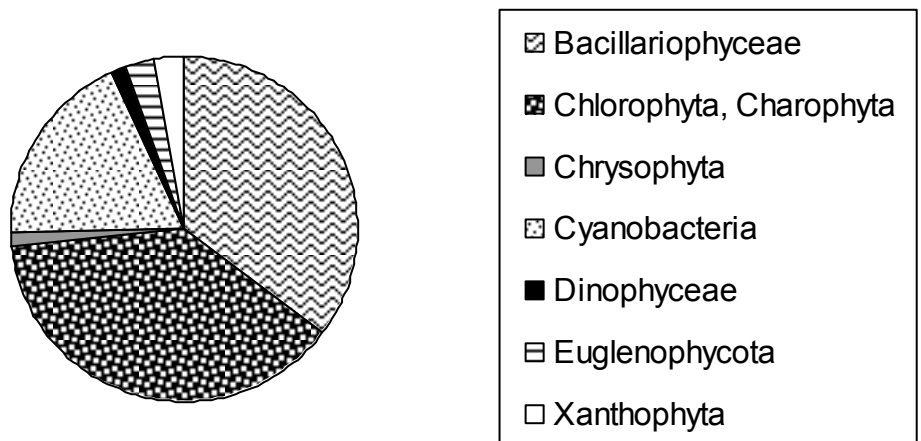


Рисунок 4.1 - Таксономічна структура фітопланктону, виявленого у Дніпровському водосховищі.

Загальний для усіх відібраних проб індекс видової різноманітності H склав 0,0068, вказуючи на дуже низьку видову різноманітність. Індекс видової різноманітності був також розрахований індивідуально для кожної проби (рис. 4. 2).

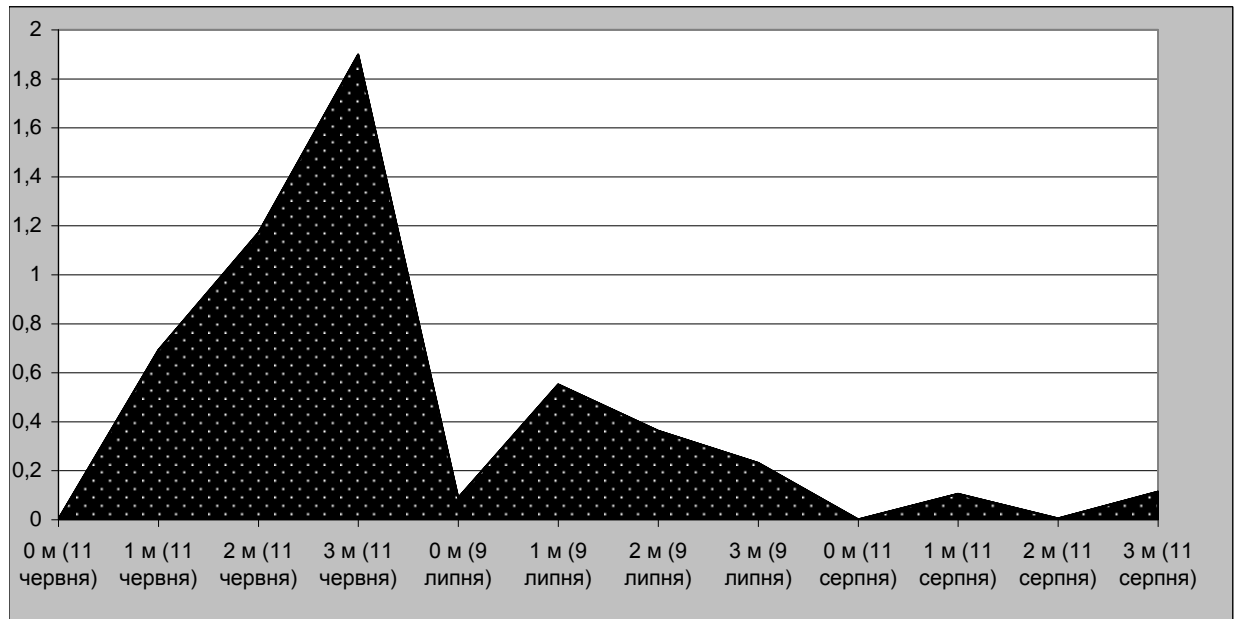


Рисунок 4.2 - Індекс видової різноманітності (H) фітопланктону Дніпровського водосховища 11 червня, 9 липня та 11 серпня 2020 р.

Найменше значення індексу видової різноманітності спостерігалось 11 серпня у поверхневому шарі води (0,0007); найбільше – 11 червня на глибині 3 м (1,899).

Види фітопланктону, виявлені протягом періоду дослідження, здебільшого відносилися до зелених (27 видів), діатомових (25 видів), ціанобактерій (13 видів) та евгленових (2 види), що вказує на високу трофічність водойми. Це підтверджується середнім показником біооб'єму фітопланктону у пробі (311730 млрд. мкм³ на м³); така концентрація фітопланктону характерна для гіпертрофних водойм.

Низька видова різноманітність (H=0,0068) у відібраних пробах пояснюється даними чисельності і біооб'єму, що вказують на надмірне домінування *Microcystis aeruginosa* над рештою видів. Слід звернути увагу, що найменше значення індексу видової різноманітності спостерігалось 11 серпня у поверхневому шарі води, де кількість клітин *M. aeruginosa* була найбільшою за період дослідження; найбільшого значення індекс видової різноманітності набував 11 червня на глибині 3 м, де відзначалася мінімальна

кількість *M. aeruginosa* за період дослідження. Розумно припустити, що існує зворотній зв'язок між чисельністю *M. aeruginosa* та індексом видової різноманітності; кореляція між цими двома показниками складає -0,24.

4.2. Аналіз чисельності фітопланктону Дніпровського водосховища

Мінімальна чисельність фітопланктонних клітин на м³ річкової води спостерігалася 11 червня на глибині 3 м і складала 0,0045 млрд. клітин/м³. 31,1% від цієї чисельності складала клітини *Anabaena flosaquae*.

Максимальна чисельність клітин була зареєстрована 11 серпня у приповерхневому шарі води і складала 55967,7 млрд. клітин/м³; 99,9% від цієї чисельності складала клітини *Microcystis aeruginosa*.

Протягом періоду дослідження помітним було домінування *Microcystis aeruginosa*, клітини якого складала 99,93% від сумарної чисельності всього фітопланктону. Особливо численними клітини *M. aeruginosa* були у поверхневому шарі водяного стовпа; також помітний поступовий приріст їх чисельності з червня по серпень (рис. 4. 3).

Окрім *Microcystis* домінували за чисельністю такі види як *Pseudanabaena mucicola* (0,0434% від сумарної чисельності фітопланктону), *Closterium libellula* (0,0057%), *Aulacoseira granulata* (0,0047%), *Aphanocapsa holsatica* (0,0042%), *Oscillatoria tenuis* (0,0029%), *Phormidium autumnale* (0,0029%), *Scenedesmus quadricauda* (0,0019%) та *Ulothrix zonata* (0,0013%) (рис. 4.4, 4.5).

Середнє значення чисельності фітопланктону складало 4756 млрд. клітин на м³.

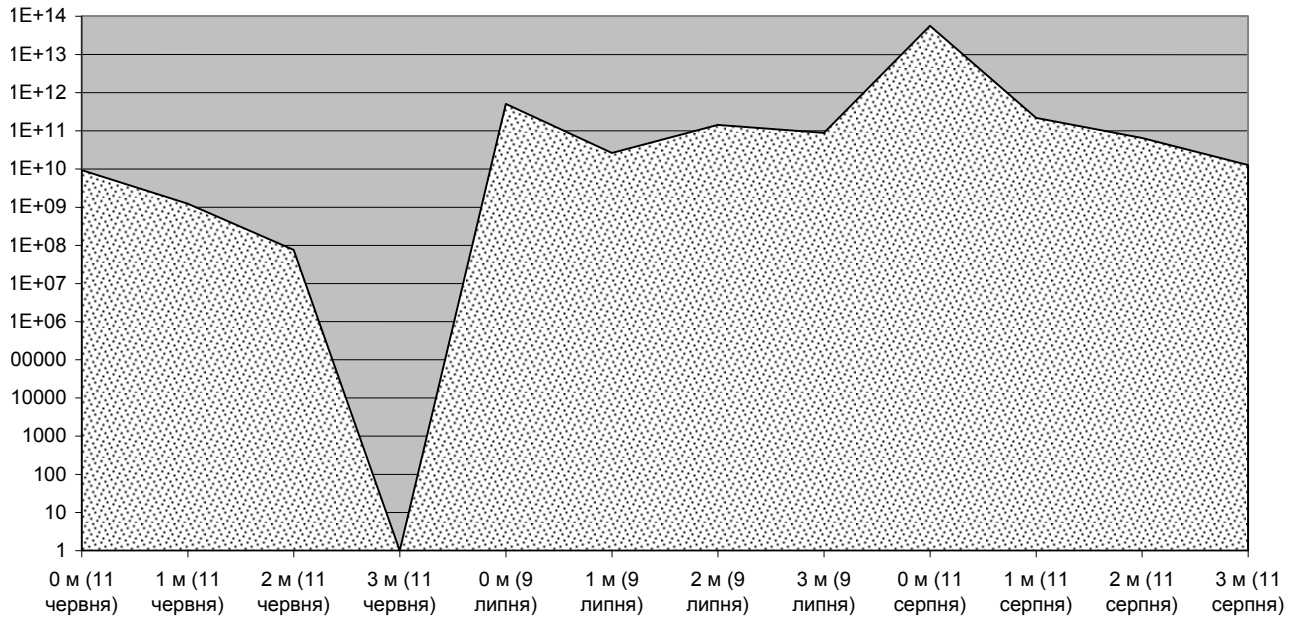


Рисунок 4.3 - Вертикальний розподіл чисельності *Microcystis aeruginosa* протягом літнього періоду 2020 р. На осі ординат логарифмічна шкала.

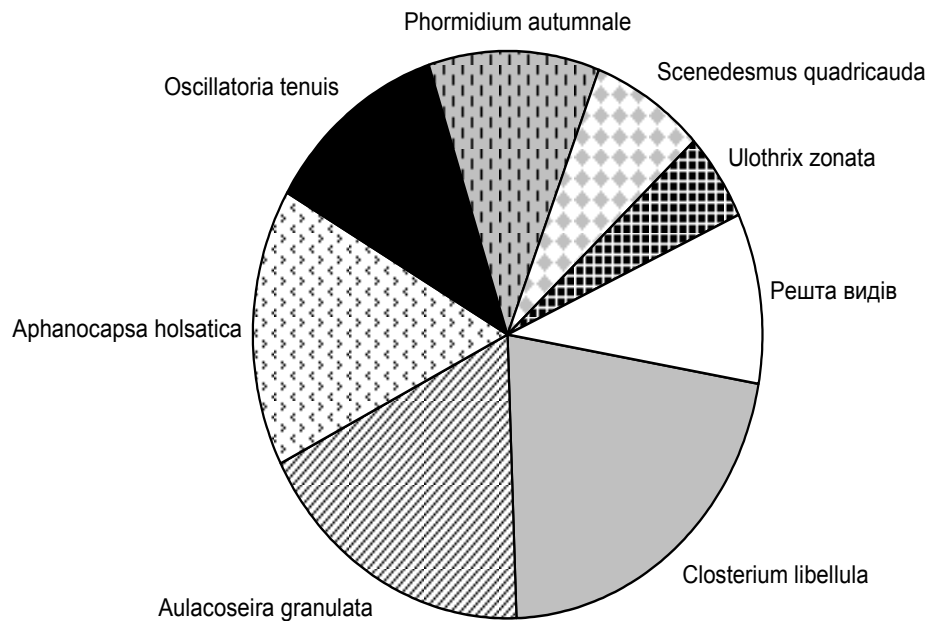


Рисунок 4.4. - Доля інших видів у загальній чисельності клітин фітопланктону на м³ води. Домінантні види *Microcystis aeruginosa* та *Pseudanabaena mucicola* не показані.

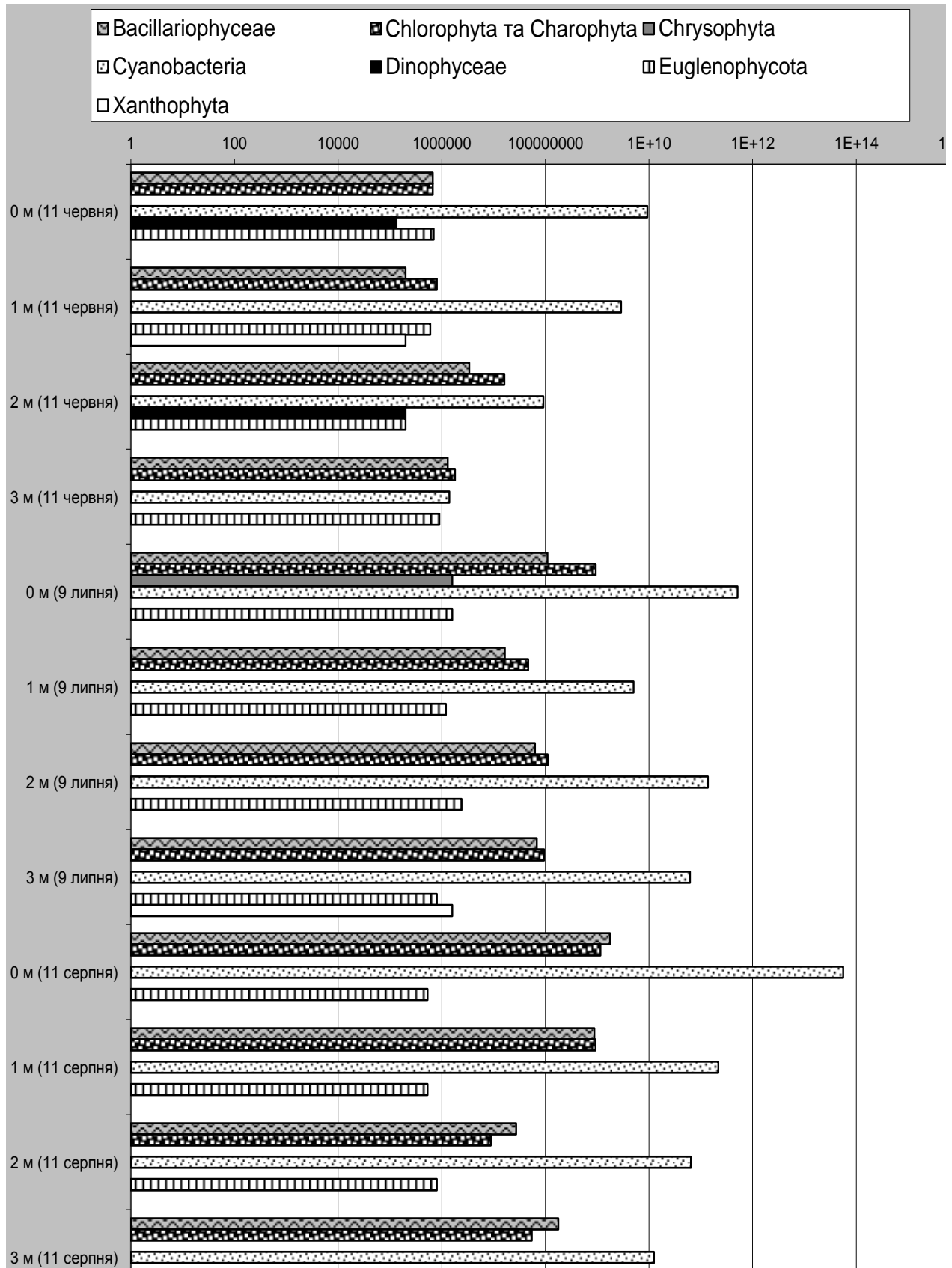


Рисунок 4.5 - Вертикальний розподіл клітин фітопланктону Дніпровського водосховища 11 червня, 9 липня та 11 серпня 2020 р. На осі абсцис логарифмічна шкала.

Ціанобактерії переважали на всіх шарах водяного стовпа, здебільшого за рахунок *Microcystis aeruginosa* та *Pseudanabaena mucicola*. Виняток становила проба від 11 червня, відібрана на глибині 3 м, де чисельність зелених водоростей переважала над чисельністю ціанобактерій.

Друге місце за чисельністю займали зелені водорості, що здебільшого домінували над діатомовими, евгленовими, жовто-зеленими, золотистими та динофітовими. Виняток становила проба від 11 червня, відібрана на поверхні водойми, де домінував евгленовий фітопланктон, так само як і проби від 11 серпня з поверхні, з глибини 2 м та з глибини 3 м, де домінували діатомові водорості (на глибині 1 метра кількість зелених і діатомових водоростей була майже рівною, з незначною перевагою у бік зелених).

Одним з факторів, що призводить до домінування дрібних ціанобактерій є ефективність їх метаболізму порівняно з більш великими видами планктону. Зі збільшенням розмірів клітини зменшується відношення поверхні клітини до її об'єму, знижуються ефективність газообміну, здатність абсорбувати поживні речовини, одночасно зростає швидкість занурення і потреба у поживних речовинах [35, 37].

Microcystis aeruginosa не утворює гетероцист для фіксації атмосферного азоту; цвітіння цього виду вказує на значну кількість розчинених сполук азоту у воді Запорізького водосховища, що співпадає з даними літературного огляду [31].

За сприятливих умов швидкість росту діатомових і зелених водоростей набагато вище, ніж швидкість росту *Microcystis*. Проте, на відміну від діатомових і зелених, *M. aeruginosa* є плавучим видом, здатним спливати на поверхню протягом періодів слабкого перемішування води і формувати там щільні плівки, що блокують доступ світла до зелених і діатомових водоростей у глибших шарах водяного стовпа [33]. Домінування *M. aeruginosa* зазвичай відбувається влітку, тому температура вважається важливим фактором у розвитку цього виду планктону. *M. aeruginosa*

найбільш продуктивний за температур води 20-25°C і може витримати до 34°C.

Таким чином, здається вірогідним що розмноження *M. aeruginosa* протягом періоду дослідження відбулося внаслідок комбінації факторів, серед яких висока температура, насиченість води біогенними елементами, довгі періоди відносно слабкого перемішування води.

Зелені водорості добре пристосовані до мешкання у водах, насичених поживними речовинами, і нерідко кодомінують з ціанобактеріями у гіпертрофних водоймах. Висока трофність Дніпровського водосховища підтверджується рядом факторів:

- середній показник біооб'єму фітопланктону у пробі складає 311730 млрд. мкм³ на м³;
- серед фітопланктону переважають зелені, діатомові, ціанобактерії та евгленові водорості, характерні для евтрофних водойм;
- насиченість Дніпровського водосховища поживними речовинами підтверджується даними літературного огляду [6, 18, 31]. та особистими спостереженнями.

Отже, домінування зелених водоростей за чисельністю на другому місці після ціанобактерій не є дивним.

Поширеність діатомових виявилася дещо несподіваною, адже традиційно вважається що через наявність важкої кремнеземної стінки ці види швидко потопують. Ми очікували що поверхнева плівка ціанобактерій шляхом затінення завадить розвитку придонних діатомових, проте спостерігалася інша картина: пік розвитку діатомового фітопланктону знаходився не на глибині, а на поверхні водойми. 60,1% сумарного біооб'єму діатомових зустрічалося у поверхневому шарі; 28,8% – на глибині 1 м; 3,01% на глибині 2 м та 8% на глибині 3 м. Дуже схожим був розподіл чисельності: 65,4% на поверхні, 26,2% на глибині 1 м, 1,3% на глибині 2 м та 7,1% на глибині 3 м.

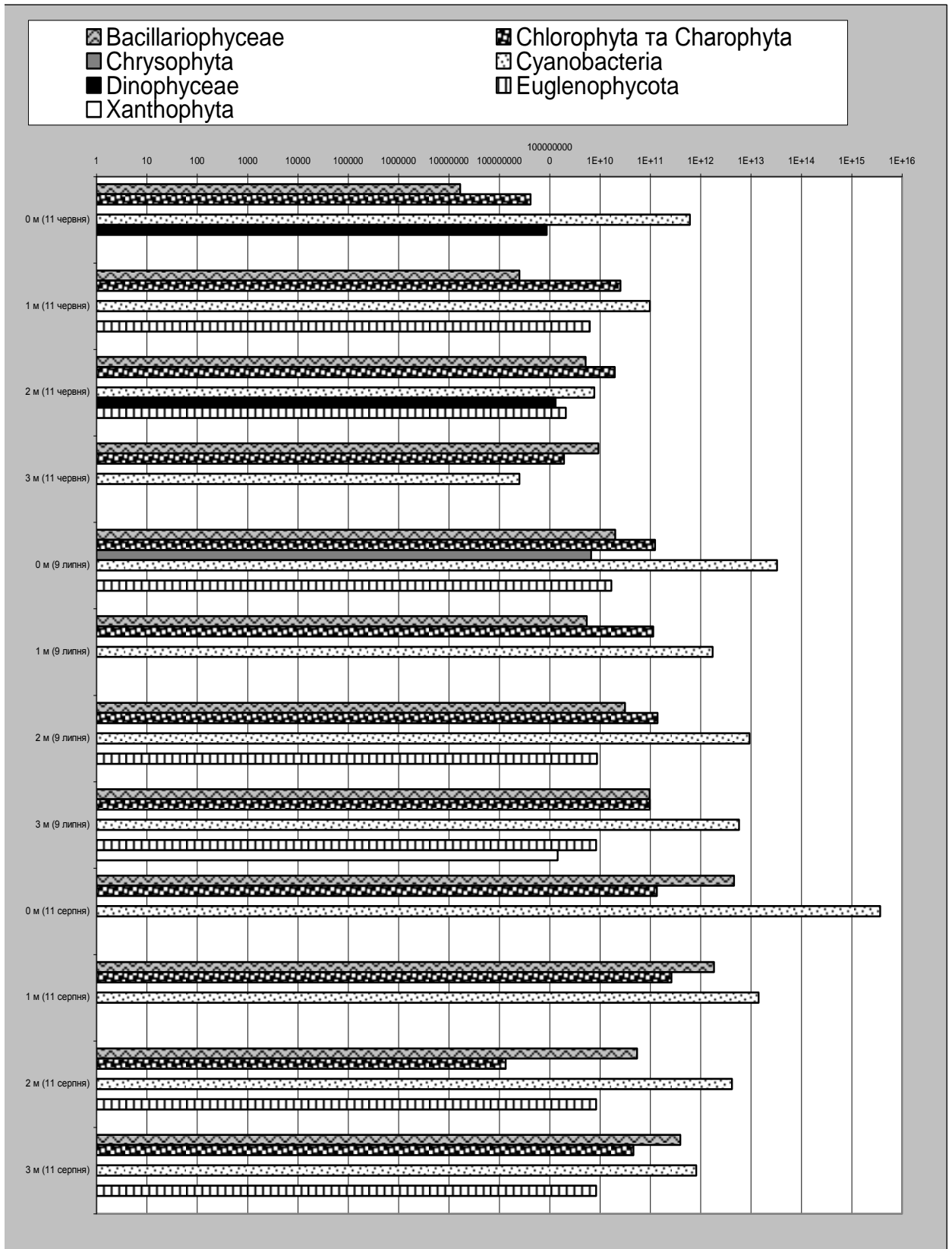


Рис. 4.6. - Розподіл біооб'єму фітопланктону у товщі води Дніпровського водосховища на 11 червня, 9 липня та 11 серпня 2020 р. На осі абсцис логарифмічна шкала.

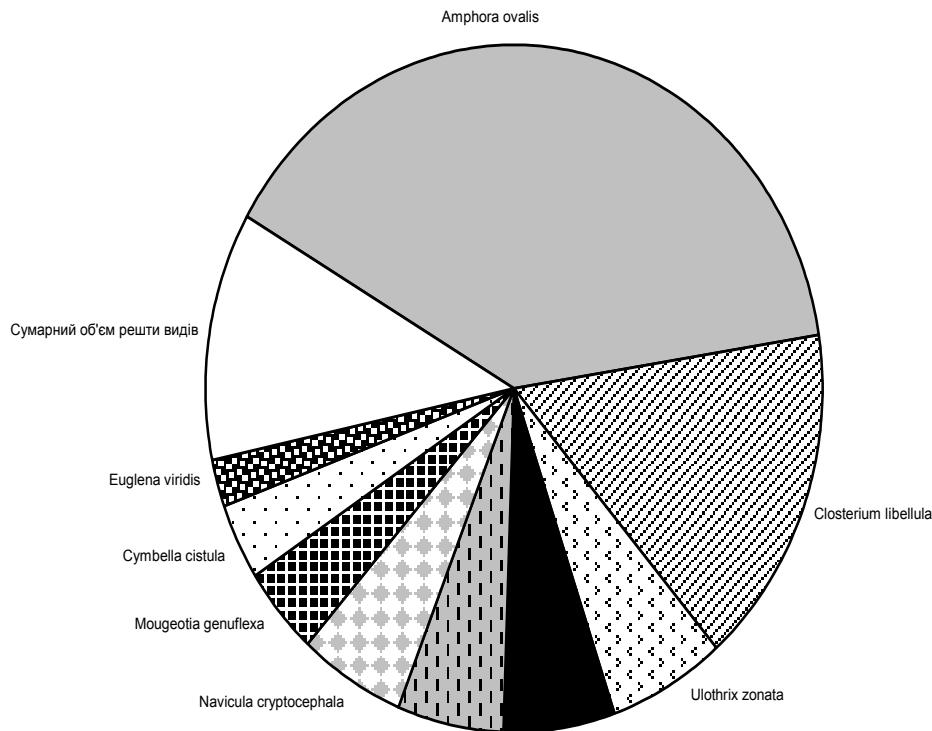


Рисунок 4.7 - Доля інших видів у загальному біооб'ємі фітопланктону на м^3 річкової води. Домінантні види *Microcystis aeruginosa* та *Aulacoseira granulata* не показані.

Окрім *Microcystis* домінували за біооб'ємом такі види як *Aulacoseira granulata* (0,15%), *Amphora ovalis* (0,027%), *Closterium libellula* (0,011%), *Ulothrix zonata* (0,004%), *Pseudanabaena mucicola* (0,004%), *Chlorella vulgaris* (0,003%), *Navicula cryptocephala* (0,003%), *Mougeotia genuflecta* (0,002%), *Cymbella cystula* (0,002%) та *Euglena viridis* (0,001%).

За індивідуальним біооб'ємом найбільшими були клітини *Closterium moniliferum* (125600 мкм^3), *Amphora ovalis* ($43903,7 \text{ мкм}^3$), *Volvox globator* (33510 мкм^3) та *Cymatopleura solea* (23326 мкм^3). Найменшими були клітини *Aphanocapsa holsatica* ($0,5 \text{ мкм}^3$), *Actinastrum hantzschii* ($1,047 \text{ мкм}^3$), *Dictyosphaerium pulchellum* ($4,18 \text{ мкм}^3$) та *Cyanodictyon reticulatum* ($4,18 \text{ мкм}^3$).

Види фітопланктону об'ємом понад 1000 мкм³ тяжіли до більш глибоких шарів водного стовпа. У пробах поверхневої води вони зустрічалися в 15,4% випадків, на глибині 1 м – у 15,4% випадків, на глибині 2 м – у 28,8% випадків, на глибині 3 м – у 40,4% випадків.

Види фітопланктону об'ємом менше 100 мкм³ найчастіше (у 34% випадків) зустрічалися на глибині 2 м.

Домінування ціанобактерій за об'ємом було менш вираженим ніж їх домінування за чисельністю, адже клітини двох основних видів ціанобактерій, виявлених нами (*Microcystis aeruginosa* та *Pseudanabaena tuscicola*), є дуже дрібними (у середньому 65 та 6 мкм³, відповідно). Тим не менш, ціанобактерії домінували в усіх пробах за винятком двох червневих: на глибині 2 м домінували зелені водорості, на глибині 3 м – діатомові.

У червні на поверхні водойми домінували за сумарним об'ємом динофітові водорості, на глибині 1 та 2 метрів – зелені, на глибині 3 метрів – діатомові.

У липні на всіх шарах водного стовпа переважали за сумарним об'ємом зелені водорості (на глибині 3 метрів сумарний об'єм зелених і діатомових водоростей був майже однаковим, з незначною перевагою у бік зелених). У серпні на всіх шарах домінували за об'ємом діатомові.

Приріст чисельності фітопланктону у період з червня по липень був найбільш виразним і торкнувся усіх основних таксонів, так само як і усіх шарів водного стовпа. Приріст чисельності з липня по серпень був значно меншим, серед деяких таксонів спостерігалось навіть зменшення чисельності.

Приріст сумарного об'єму фітопланктону з червня по липень також торкнувся усіх основних таксонів і усіх шарів водного стовпа. Приріст з липня по серпень був значно меншим, спостерігалось зменшення чисельності порівняно з липневими показниками (за винятком ціанобактерій і зелених водоростей на поверхні та на глибині 1 м; діатомові на всіх шарах також не зазнали зменшення).

Бурхливе розмноження фітопланктону з подальшим сповільненням зумовлене сезонною динамікою його розвитку у Дніпровському водосховищі. Протягом холодної пори року відбувається відмирання значної частини планктонної спільноти. У теплу пору року фітопланктон заповнює вільні екологічні ніші і швидко розмножується, доки не відбудеться виснаження одного з основних ресурсів. Ми вважаємо що таке виснаження ресурсів відбулося у липні, внаслідок чого у період з липня по серпень відбулося зниження чисельності та об'єму низки видів. У рамках даного дослідження недостатньо даних для того щоб остаточно виявити конкретні ресурси, виснаження яких вплинуло на кожний з цих видів.

4.4. Характеристика метеорологічних та гідрологічних умов за період дослідження

Літо 2020 р. відзначилося підвищеною температурою – середня температура у червні була на 0,8–3,2°C вище за середньорічні показники, у липні – на 1,2–2,4°C вище норми, у серпні – на 0,7–4,4°C вище норми. Сумарна річна потужність сонячного опромінення у районі пасажирських причалів складає 1266 кВт/годину/м² (Global Solar Atlas, 2020).

Кількість опадів у басейні приток Середнього Дніпра складала у червні 16–39 мм (35–84% місячної норми), у липні – 70–144 мм (120–250% норми), у серпні – 1–8 мм (1–22% місячної норми). Бічний приплив води до Запорізького водосховища становив у червні 40 млн м³ (113% норми), у липні 24 млн м³ (78% норми), у серпні 25 млн м³ (105% норми). Вільний об'єм дніпровського каскаду збільшився на 0,28 км³ протягом червня, протягом липня – на 0,845 км³, протягом серпня – на 1,523 км³ (Український Гідрометцентр, 2020).

У таблиці 4.1 наведено метеорологічні показники, що спостерігалися у період польової роботи на пасажирських причалах.

Таблиця 4.1 - Метеорологічні показники, зареєстровані у період відбору проб фітопланктону біля пасажирських причалів Дніпровського річкового вокзалу (Метеопост, 2018).

Дата відвідування причалів	Час початку відбору проб	t повітря (°C)	Повітряний тиск (мм ртутного стовпа)	Вологість повітря	Напрямок вітру	Швидкість вітру (м/с)
11.06	11:40	+22	760	35%	40° (північно-східний)	2
9.07	11:10	+27	759	45%	10° (північно-східний)	2
11.08	18:00	+26	765	30%	60° (північно-східний)	4

Протягом періоду дослідження район пасажирських причалів відзначався високою температурою та освітленістю. У липні та серпні спостерігалось формування на поверхні води зеленої плівки, характерної для цвітіння *M. aeruginosa*. Ця плівка була особливо показовою у безвітряну погоду, простягаючись на значну відстань від берега. У період цвітіння у повітрі відчувався гнильний запах. Дно водойми було вкрите чорним мулом, який також пахнув гниллю.

4.5. Екологічна характеристика якості води Дніпровського водосховища

Екологічну оцінку якості води здійснювали за гідрохімічними показниками, що характеризують процеси самоочищення (рН, вміст біогенних сполук азоту і фосфору, розчиненого кисню, перманганатної окислюваності) у відповідності до «Методики екологічної оцінки поверхневих вод за різними категоріями» (Романенко В.Д. та ін., 1998) та ін. [21, 30]. Використовуючи показники гідрохімічного режиму Дніпровського водосховища у двох досліджуваних ділянках, визначили класи та категорії якості поверхневих вод згідно з відповідними методиками та провели оцінку якості води за санітарно-екологічними критеріями (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 - Оцінка якості води Дніпровського водосховища за санітарно-екологічними критеріями

Найменування гідрохімічних показників	Вимірювані значення	Екологічна оцінка за класами і категоріями
Активна реакція середовища (рН)	8,1	II клас, 2 категорія (дуже добра, чиста вода)
Амонійний азот, мг/л	0,40	II клас, 3 категорія (добра, досить чиста вода)
Азот нітритів, мг/л	0,04	V клас, 7 категорія (дуже погана і дуже брудна вода)
Азот нітратів, мг/л	0,109	III клас, 5 категорія (посередня, помірно забруднена вода)
Фосфор фосфатів, мг/л	0,58	V клас, 7 категорія (дуже погана і дуже брудна вода)
Розчинений у воді кисень, мг/л	8,0	II клас, 2 категорія (дуже добра, чиста вода)
Перманганатна окиснюваність, мГО/л	34,6	IV клас, 6 категорія (погана, брудна вода)

Вода Дніпровського водосховища у міській зоні в районі річкового порту характеризувалася як «добра, чиста вода» за показниками активної реакції (рН) середовища (II клас, 2 категорія), концентрації розчиненого у воді кисню (II клас, 2 категорія) та вмісту амонійного азоту (II клас, 3 категорія). Рівні біогенних елементів (сполук азоту і фосфору) обумовлювали низьку екологічну якість води у цій зоні: III клас, 5 категорія «посередня, помірно забруднена вода» за вмістом нітратного азоту та V клас, 7 категорія «дуже погана, дуже брудна вода» за вмістом азоту нітритів і фосфору фосфатів. За показником перманганатної окиснюваності вода у міській зоні належала до IV класу, 6 категорії і характеризується як «погана, брудна вода».

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Розрахунок економічної частини проводимо за допомогою техніко–економічних розв'язань, де головною метою є аналіз отриманих результатів та доречність самого аналізу.

Метою роботи є дослідження кількісних і якісних характеристик фітопланктону та гідрохімічних умов у Дніпровському водосховищі, що сприяють «цвітінню» води у літній період року. Відбір проб проводимо за допомогою наступних матеріалів: батомтр пробовідбірник для відбору проб води ГР-16, сталевий трос, пластикова бляшка, лічильна камера Нажотта та Горяєва, мікроскоп БЮЛАМ.

Отже, вивчення особливостей формування біологічної продуктивності водних екосистем – актуальне завдання сучасної гідробіології

5.1 Організація дослідження кількісних і якісних характеристик фітопланктону та гідрохімічних умов у Дніпровському водосховищі

Організація дослідження включає: складання переліку робіт, визначення їх взаємозв'язку та тривалості, складання сітьового графіка, визначення критичного шляху, розрахунок кошторису витрат на проведення дослідження [1].

5.1.1 План проведення дослідження

Для організації дослідження створюємо план проведення дослідження в (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт i-j	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , (дні)
1-2	Літературний огляд	3
2-3	Підготовка обладнання	3
3-4	Відбір проб води	3
4-5	Хімічний аналіз відібраних проб	15
5-6	Облік результатів	10
5-7	Побудова графічних залежностей	10

5.1.2 Побудова сітьового графіка

Враховуючи план проведення дослідження (табл. 6.1) будуємо сітковий графік (рис. 6.1).

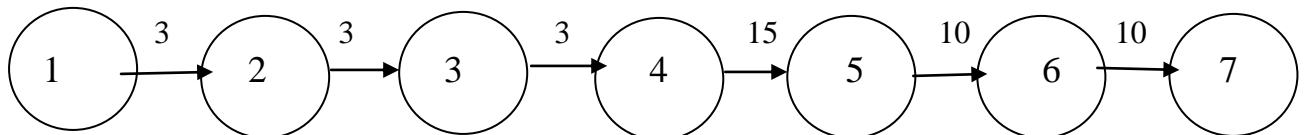


Рисунок 5.1 - Сітковий графік проведення дослідження кількісних і якісних характеристик фітопланктону та гідрохімічних умов у Дніпровському водосховищі

За допомогою сіткового графіку складаємо тривалість робіт (t_i) [2]:

$$L1-2-3-4-5-6-7 = 3+3+3+15+10+10 = 44 \text{ дні};$$

Критичний шлях складає 44 дні.

Розрахуємо параметри сіткової моделі: критичний шлях ($T_{кр}$), ранній термін настання події (T_i^P), пізній термін настання події (T_i^N), повний резерв часу (R_{i-i}) та вільний резерв часу (r_{-j}). Проводимо розрахунок сіткового графіку у табличній формі (табл. 5.2).

Розрахуємо резерв шляху за формулою (6.1) [2]:

$$R_I = T_i^N - T_i^P; \quad (5.1)$$

де, R_I – резерв шляху;

T_i^N – пізній термін здійснення події;

T_i^P – ранній термін здійснення події.

Отримані дані зведені в таблицю 6.2.

Таблиця 5.2 - Терміни здійснення подій (ранній і пізній) і резерв шляху

Номер події	T_i^P , дні	T_i^N , дні	R_I , дні
1	0	0	0
2	3	3	0
3	6	6	0
4	9	9	0
5	24	24	0
6	34	34	0
7	44	44	0

Далі знаходимо резерви часу:

а) Повний резерв часу роботи (R_{ij}^N) – це максимальна кількість часу, на яку можна збільшити тривалість даної роботи, не змінюючи при цьому

тривалість критичного шляху. Повний резерв часу роботи розраховуємо за формулою (5.2) [3]:

$$R_{ij}^n = T_j^n - T_i^n - t_{ij}, \quad (5.2)$$

де, t_{ij} – тривалість роботи.

б) Вільний резерв часу роботи (R_{ij}) – це максимальна кількість часу, на який можна збільшити тривалість робіт чи відстрочити її початок, не змінюючи при цьому ранніх термінів початку наступних робіт. Вільний резерв часу роботи розраховуємо за формулою (5.3) [3]:

$$R_{ij}^B = T_j^P - T_i^P - t_{ij} \quad (5.3)$$

Коефіцієнт напруженості робіт дозволяє судити про те, наскільки вільно можна мати у своєму розпорядженні наявні резерви.

Коефіцієнт напруженості робіт (K_{ij}^H) визначаємо за формулою (5.4) [4]:

$$K_{ij}^H = \frac{L_{\max,ij} - t_{ij}}{L_{кр} - t_{ij}}, \quad (5.4)$$

де, $L_{\max,ij}$ – довжина максимального шляху, що проходить через дану роботу;

$L_{кр}$ – критичний шлях;

$L_{кр} = 44$ дні.

Розрахунки зводимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Результати розрахунку вільного, повного резервів

Шифр робіт, i-j	Вільний резерв R_{ij}^B , (дні)	Повний резерв $R_{ij}^П$, (дні)	Коефіцієнт напруженості
1-2	0	0	1
2-3	0	0	1
3-4	0	0	1
4-5	0	0	1
5-6	0	0	1
6-7	0	0	1

Аналізуючи табл. 6.3 можемо говорити, що термін виконання робіт можназмінюватись в часі.

5.1.3 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

До витрат, які пов'язані з проведенням дослідження відносяться: витрати на основні матеріали, електроенергію, нарахування на заробітну плату, амортизацію, накладні витрати. Витрати на основні матеріали, затратені на проведення дослідів, знаходимо за формулою (5.5) [5]:

$$M = \sum T_1 * C_1, \quad (5.5)$$

де, m_i – кількість витраченого і-го матеріалу;

C_i – ціна одиниці і-го матеріалу, грн.

Розрахунок необхідної кількості матеріалів і їх вартість наводимо в таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 - Необхідна кількість матеріалів та їх вартість

Найменування матеріалів, одиниці	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
Сталевий трос	1	506	506
Пластикова бляшка	12	5	60
Лічильна камера Нажотта та Горяєва	12	360	4 320
Усього			4 886

Заробітна плата людей, що займалися дослідженням, визначаємо множенням середньочасового заробітку працівника на кількість витраченого часу [5]. Розрахунки зводимо до таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 - Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн.	Середньочасовий заробіток, грн.	Кількість людино-годин	Сума, грн.
Керівник	10 000	62,5	12	750
Лаборант	6 500	40,6	80	3 248
Всього				3 998

Нарахування на заробітну плату приймаються у розмірі 22,0% єдиного податку [6].

Від загальної суми заробітної платні ми складемо:

$$H = 3\,998 \times 22 \div 100 = 879,6 \text{ грн}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначаємо за формулою (5.6) [6]:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (5.6)$$

де, M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

K – коефіцієнт використання потужності, $K=0,9$;

T – час роботи на установці;

a – тариф за електроенергію (за 1 кВт), грн./(кВт/год.);

$a = 1,68$ грн./(кВт/год.);

Тоді затрати енергії на персональний комп'ютер Acer Packard Bell iMedia S3730 Intel Cel J3355 складає:

$$E = 0,4 \cdot 0,9 \cdot 730 \cdot 1,68 = 441,5 \text{ грн.}$$

Тоді затрати енергії на плитку лабораторну DL-1-15 складає:

$$E = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,25 \cdot 1,68 = 0,6 \text{ грн.}$$

Тоді затрати енергії на мікроскоп БІОЛАМ складає:

$$E = 0,7 \cdot 0,9 \cdot 730 \cdot 1,68 = 772,6 \text{ грн}$$

Загальні затрати електроенергії:

$$E = 441,5 + 0,6 + 772,6 = 1214,7 \text{ грн.}$$

Витрату на амортизацію установки визначаємо за формулою (5.7) [7]:

$$A = \Phi \cdot N \cdot t / 100 \cdot 12 \quad (5.7)$$

де, А – амортизаційні відрахування, грн.

Ф – вартість устаткування, грн.;

Н – річна норма амортизації, % ;

t – тривалість проведення дослідження на даному устаткуванні, місяців;

12 – кількість місяців у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 - Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Час роботи, міс.(год)	Витрати на амортизацію, грн.
Персональний комп'ютер Acer Packard Bell iMedia S3730 Intel Cel J3355	15 299	24	1	305,9
Плитка лабораторна DL- 1-15	1 035	10	0,25	2,1
Мікроскоп БЮЛАМ	4 900	24	1	980
Разом				1 288

Розраховуємо накладні витрати (80%) в залежності від вирахованої заробітної платні досліднику

$$H=3\,998,80 \div 100=3198,4 \text{ грн}$$

Всі розрахунки витрат на проведення наукового дипломного дослідження наводимо в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 - Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	4 886
Заробітна плата	3 998
Нарахування на заробітну плату	879,6
Електроенергія	1 214,7
Амортизація	1 288
Накладні витрати	3 198,4
Усього	15 464,7

Отже, за проведеним аналізом наведеної вище таблиці можемо говорити, що на першому місці стоять витрати на основні матеріали, які складають 4 886 грн та витрати на заробітну плату - 3 998 грн.

5.2 Розрахунок ціни дослідження

Розраховуємо ціну враховуючи витрату на наукове дослідження та рента-бельності за формулою (5.8) [8,9]:

$$Ц=C+(P*C/100) \quad (5.8)$$

де, Ц – вартість дослідження, грн.;

С – витрати на дослідження, грн.;

Р – нормативна рентабельність;

Р = 30%

Таким чином:

$$Ц=15\,464,7+(30*15\,464,7/100)=20\,104,1 \text{ грн}$$

Отже, витрати на проведені дослідження становлять 20 104,1 грн.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз стану охорони праці університету та кафедри екології

Охорона праці в університеті є досить важливим з напрямків розвитку університетом. Кафедра екології дотримується правил поведження здобувачів вищої освіти та викладачів в аудиторіях. Кафедра екології чітко дотримується правил ведення журналів, планів евакуації проведення інструктажів.

Один із напрямків є правила поведження здобувачів вищої освіти факультету водогосподарської інженерії та екології з питань дій у випадку виникнення надзвичайних ситуацій:

1. При оголошенні евакуації зберігайте спокій і не робіть нічого, що може дезорганізувати оточуючих (не кричіть, не створюйте паніки).
2. негайно вимкніть електроприлади, закрийте вікна, візьміть необхідні речі і організовано, у складі своєї групи, виходьте через основні і запасні виходи з навчального корпусу.
3. Після виходу з навчального корпусу, під керівництвом викладача зберіться у відведеному місці, та пройдіть перекличку.
4. Категорично заборонено повертатися до будівлі.

В випадку якщо залишити будівлю університету неможливо, або приміщення наповнилося димом:

1. Зателефонуйте "101" або "112" і повідомте де ви знаходитесь.
2. Пересувайтесь поповзом прикривши рот і ніс вологою ганчіркою (носовою хусткою, рукавом від сорочки) в бік вікна і перебувайте біля вікна. Привертайте до себе увагу людей на вулиці.

3. По можливості не відкривайте і не розбивайте вікна, так як порушиться герметичність приміщення, що приведе до збільшення температури і площі пожежі.

4. Для захисту від жару і диму необхідно загерметизувати своє приміщення: щільно закрийте входні двері, заткніть щілини дверей з середини приміщення, використовуючи при цьому будь-яку тканину.

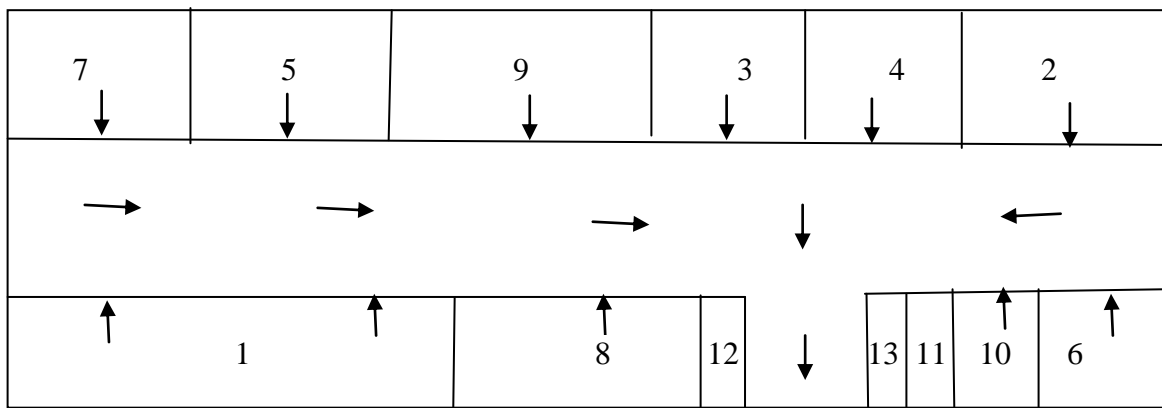


Рисунок 6.1 – Шлях евакуації здобувачів вищої освіти факультету водогосподарської інженерії та екології з 10 поверху. Умовні позначення: 1,2 – лекційні аудиторії, 3,4 – аудиторії для практичних та лабораторних занять, 5 – музей кафедри екології, 6,7 – викладатська, 8 – кабінет завідувача кафедри Чорної В. І., 9 – лаборантська, 10 – деканат факультету агрономії, 11 – ліфти, 12, 13- туалети.

Закрийте вікна, квартирки, заткніть вентиляційні отвори. При пожежі неприпустимо:

1. Боротися з вогнем самостійно, не викликавши пожежних.
2. Гасити водою палаючі електроприлади, не відключивши їх від електромережі (можна отримати удар струмом).
3. Відкривати вікна і двері, щоб випустити дим (горіння посилиться через прилив повітря).
4. Користуватися ліфтом. План евакуації з навчального корпусу знаходиться на біля та в аудиторіях, ліфтів, та сходах.

6.2 Вимоги безпеки праці при відборі проб

Для повного аналізу об'єм проби води повинен становити 5 л, для неповного – 2 л. Бутлі повинні бути скляні, чисто вимитими і ополоснути дистильованою водою [1].

Від характеру джерела та мети дослідження залежить місце відбору проби води. Для виявлення впливу певного джерела забруднення проточної води, проби беруть вище цього джерела, проти нього і нижче за течією. З колодязів проби беруть двічі: уранці до початку розбору води та ввечері після розбору. З річок, озер, ставів проби дістають з глибини 0,5 - 1 м і на деякій відстані від берега (1 – 2 м). При взятті проби води з крана або колодязя з насосом проводять промивку або відкачку протягом 10-15 хв [1].

У бутлі закривають скляними шліфованими пробками або корковими наливають досліджувану воду, які попередньо кип'ятять у дистильованій воді [1].

Проби води і відкритих водойм беруть з наміченої глибини батометром Виноградова (рис. 6.1 та 6.2). Який складається із затискача з чотирма лапками, зв'язаними ланцюжком, регулюючого гвинта (знизу), за допомогою якого лапки щільно затискають посуд, і пристосування (вгорі) для відкривання пробки на потрібній глибині [2].

При відсутності батометра проби відбирають бутлем. До пробки бутля прикріплюють шнур. Ємкість встановлюють у важку оправу або підвішують до неї вантаж. Опустивши його на намічену глибину, тягнуть за шнурок, на якому закріплена пробка, і відкривають бутель води. Супровідний документ складають при відборі проби, копію якого відправляють до лабораторії разом з пробкою. У документі вказують: дату взяття проби, (рік, місяць, число, годин); назву вододжерела та місце його розташування; за завданням якого проводиться аналіз води; місце і точку відбору проби, глибину та відстань від берега; з якої частини водопроводу (кран, гідрант, резервуар) взято пробу,

товщину шару води; спосіб взяття проби (батометр, бутель); об'єм і число проб; колір, запах і смак води її прозорість каламутність, осад, температуру; стан погоди під час взяття проби і за кілька днів до цього (дощова, суха, мінлива); спосіб консервування; мету дослідження і бажаний об'єм аналізу (хімічний повний, хімічний неповний); хто відбирав пробу, місце роботи, посаду, підпис [2].

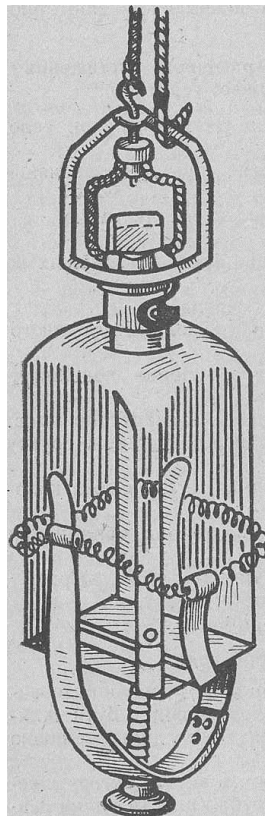


Рис. 6.1 - Батометр

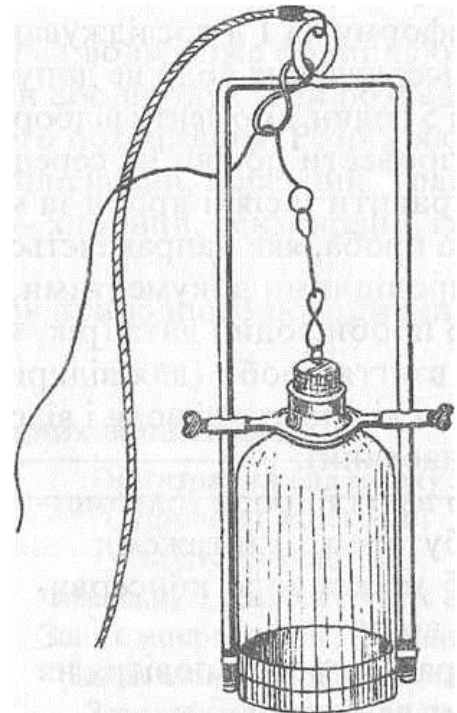


Рис. 6.2 - Батометр

При неможливості дослідити воду у день відбору проби її зберігають у холодильнику. Гранично допустимим строком зберігання: проб у тих умовах вважають для чистої води - 72 год., для незначно забрудненої - 48 і для забрудненої - 12 год. Допускається консервація проб у теплу погоду року, якщо пересилка триває більше доби. У воду, призначену для визначення окислюваності, а також вмісту аміаку і хлоридів, можна додавати 2 мл 25%-ї сірчаної кислоти на 1 л, для визначення інших показників - 2 мл хлороформу на 1 л [3].

Воду для бактеріологічного дослідження набирають у стерильні склянки місткістю 0,5 л з притертими пробками або ватними стерильними тампонами. При цьому дотримуються правил бактеріологічної техніки. Посуд, призначений для відбору проб води для бактеріологічного дослідження стерилізують у автоклаві протягом 20 хв. при тиску 1.5 атм або у сушильній шафі при температурі 16°C протягом 1 год. Після цього посуд загортають в папір і в ньому доставляють до вододжерела [3].

При взятті проб води водопровідного крана його стерилізують полум'ям; наливаючи воду, тримають посуд під нахилом, щоб не утворилося пухирців повітря, не торкаючись горлом посуду до крана.

Проби з відкритих водойм беруть з глибини 10 - 15 см від поверхні води, але не менш як 10 - 15 см від " водойми. З прорубів пробу відбирають на глибині 10 - 15 см від нижньої поверхні льоду [3].

При відборі проби води для бактеріологічного дослідження складають супровідний документ такою самою формою, як і при взятті проби для фізико-хімічного дослідження [3].

6.3 Рекомендації та поліпшення стану охорони праці

На сьогодні організація ефективної та поліпшення системи охорони праці є актуальним, здійснюється, відповідно до Конституції України, шляхом виконання вимог Кодексу законів про працю, Кодексу цивільного захисту України, а також Законів України: «Про охорону праці», «Про охорону здоров'я» тощо.

На кафедрі заходи з охорони праці обумовлені прагненням керівників вести більш організований процес безпеки, тож дуже важливими є в тому числі й такі заходи, як соціальна захищеність керівників та студентів, що

передбачають зацікавленість в охороні здоров'я і безпеці персоналу кафедри, а також обов'язкове виконання вимог законодавства саме в галузі охорони праці. В основу методології створення та функціонування системи управління охороною праці (СУОП) покладено відомі принципи: планууй – виконуй – контролюй – удосконалюй.

Ефективність СУОП залежить від правильно визначених цілей управління та якісного виконання обов'язків, покладених на всі рівні управління університету, а також усі підрозділи.

Пропонуємо наступний комплекс заходів, спрямованих на поліпшення умов праці, що сприяє збільшенню її продуктивності роботи кафедри, а саме:

- зменшення шуму до рівня допустимих норм – до 3–15%;
- раціональне забарвлення приміщення – до 25%;
- продумане використання музики – до 12–14%;
- створення раціонального освітлення – до 10–15%;
- правильна організація робочого місця – до 20%;
- оптимальна температури повітря – до 50%.

Отже, при усуненні невеликих недоліків покращиться навчальний процес в університеті.

ВИСНОВКИ

1. Влітку фітопланктонна спільнота Дніпровського водосховища складається не менш ніж з 71 виду, що здебільшого відносяться до діатомових (*Bacillariophyceae*), зелених (*Chlorophyta* та *Charophyta*) і ціанобактерій (*Cyanobacteria*).

2. Домінантним видом був *Microcystis aeruginosa*, що складав 99,7% від сумарного біооб'єму та 99,93% сумарної чисельності фітопланктону.

3. За видовим складом фітопланктону та середнім показником його біооб'єму Дніпровське водосховище можна охарактеризувати як гіпертрофне.

4. З червня по липень відбувалося бурхливе розмноження ціанобактерій, діатомових і зелених водоростей на всіх шарах водяного стовпа. З липня по серпень розмноження сповільнилося, серед деяких видів спостерігалось зменшення показників чисельності і біооб'єму. Тим не менш, серпень відзначився найвищим сумарним біооб'ємом та чисельністю.

5. Протягом періоду дослідження район пасажирських причалів Дніпровського річного порту відзначався високою температурою (26–27°C) та освітленістю, що сприяло чисельній вегетації мікр водоростей.

6. Рівні біогенних елементів (сполук азоту і фосфору) і перманганатної окиснюваності води в літній період у районі дослідження перевищували нормативні показники і обумовлювали низьку екологічну якість води: V клас, 7 категорія «дуже погана, дуже брудна вода».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Арсеньев Г. С. Основы управления водными ресурсами водохранилищ. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2003. – 78 с.
2. Ветрова З. И. Флора водорослей континентальных водоемов Украины. Эвгленофитовые водоросли. Выпуск I. Часть 2. – Киев: Наукова думка, 1993. – 260 с.
3. Горбулин О. С. Видовой состав и аутоэкология Bacillariophyta континентальных водоемов Украины // Фиторазнообразии Восточной Европы. – 2016. – № 2. – С. 33-95
4. Двинских С. А., Китаев А. Б. Особенности функционирования водохранилища как природно-техногенного объекта // Географический вестник. – 2014. – № 2. – С. 34-41
5. Дворецкий А. И., Байдак Л. А., Ломакин П. И. Гидроэкология Приднепровья. – Днепропетровск: Гамалія, 2010. – 112 с.
6. Єлізаров О. І., Єлізаров М. О. Про можливий спосіб очищування Дніпровських водосховищ від ціанобактерій. // Екологічна безпека. – 2009. – № 3. – С. 60-63
7. Изучение влияния экстремально жарких периодов на гидрохимические и гидробиологические характеристики систем водоснабжения на примере г. Москвы / [К.К. Эдельштейн, Ю.С. Даценко, А.В. Гончаров и др.]; под рук. Даценко Ю. С. – Москва, 2013. – 99 с.
8. Камышникова Т. В., Афонин А. А., Дурягина В. В. Вывод двухмерной модели распространения загрязняющих примесей в водохранилище // Известия ЮФУ. – 2009. – № 5. – С. 12-18.

9. Клоченко П. Д., Иванова И. Ю. Особенности видового разнообразия фитопланктона притоков Днепра // Альгология. – 2009. – № 4. – С. 362-379.
10. Корпачёв В. П. Проблемы прогнозирования загрязнения и засорения древесной массой и органическими веществами водохранилищ высоконапорных ГЭС // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 2 – С. 110-113.
11. Лабетиков С. В., Корпачев В. П., Гайденок Н. Д. Анализ влияния крупных водохранилищ на окружающую природную среду // Вестник СибГАУ им. М. Ф. Решетнева. – 2006. – № 3. – С. 150-154.
12. Логинова Е. В., Лопух П. С. Гидроэкология: курс лекций. – Минск: БГУ, 2011. – 300 с.
13. Оцінювання екологічної небезпеки в акваторіях дніпровських водосховищ внаслідок неконтрольованого розвитку ціанобактерій / М.С. Мальований, В.В. Никифоров, О.В. Харламова [та ін.] // Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.6. - С. 159-165.
14. Раціональна технологія утилізації синьо-зелених водоростей / М.С. Мальований, В.В. Никифоров, О.В. Харламова [та ін.] // Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.10. – С. 140-149.
15. Метеопост – Архив погоды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meteorpost.com/weather/archive/>.
16. Москалец Ю. В. Роль эвгленовых жгутиконосцев рода *Trachelomonas* в пресноводном гидроценозе и их индикаторные особенности: материалы международной научно-практической конференции. – Рязань: НП «Голос губернии», 2012. – 484 с.
17. Науменко М. А. Эвтрофирование озёр и водохранилищ. – СПб.: РГГМУ, 2007. – 100 с.
18. Никифоров В. В., Козловская Т. Ф., Дегтярь С. В. Химическая биология метаногенеза сине-зелёных водоростей и положительные эффекты их утилизации // Екологічна безпека. – 2008. – № 2. – С. 83-91.

19. Пилипенко Ю. В. Теоретичні основи формування і функціонування гідроекосистем малих водосховищ різного цільового призначення степової зони України в умовах антропогенного навантаження: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня док. сільгосп. наук: 03.00.16 / Пилипенко Юрій Володимирович. – Київ, 2007. – 44 с.
20. Попова Т. Г., Сафонова Т. А. Флора спорових растений СССР. IX. Эвгленовые водоросли. – Ленинград: Наука, 1976. – 288 с.
21. Романенко В. Д. Основы гидроэкологии. – Киев: Генеза, 2004. – 664 с.
22. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. – М.: Университет и школа, 2003. – 157 с.
23. Сайт Річкової Інформаційної Служби України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ukrris.com.ua/hydraulics/ports/item.php?ID=568>.
24. Семерной В. П. Общая гидробиология. – Ярославль: ЯрГУ, 2008. – 184 с.
25. Стрелков К. Е., Лушкин И. А., Филенков В. М. Причины и последствия цветения водоисточников, используемых для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения // Вестник НГИЭИ. – 2014. – № 12. – С. 79-84.
26. Сучасні проблеми гідробіології: Запорізьке водосховище / О.В. Федоненко, Н.Б. Єсіпова, Т.С. Шарамок, Т.В. Ананьєва, В.О. Яковенко. – Дн-ськ: ЛІРА, 2012. – 279 с.
27. Толстохатько В. А., Антоненко Л. А., Шумаков Ф. Т. Мониторинг днепровских водохранилищ по данным дистанционного зондирования Земли со спутника LANDSAT // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – Вып. 3, № 45. – С. 49–54.
28. Топачевский А. В., Масюк Н. П. Пресноводные водоросли Украинской ССР. – Київ: Вища школа, 1984. – 143 с.
29. Федоненко О. В., Ананьєва Т. В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з гідрохімії. – Дн-вськ: ДНУ, 2013. – 33 с.

30. Федоненко О. В., Ананьєва Т.В., Шарамок Т.С. Екологічна оцінка якості води на рибопромислових ділянках Запорізького водосховища (розділ монографії) // Екологічні, соціальні й економічні аспекти розвитку АПК на засадах раціонального ресурсовикористання: колективна монографія / за ред. П.В.Писаренка, Т.О.Чайки, О.О.Ласло. – Полтава: Видавництво „Сімон“, 2015. – С.113–124.

31. Шапар А. Г., Скрипник О. О., Сметана С. М. Еколого-економічні проблеми переводу екосистеми річки Дніпро до режиму сталого функціонування // Екологія і природокористування. – 2011. – Вип. 14. – С. 26-48.

32. Шумаков Ф. Т. О перспективах использования сине-зелёных водорослей в системах энергосбережения Украины // Ученые записки ТНУ им. В. И. Вернадского. – 2010. – № 2. – С. 286-295.

33. Юдщук Є. Д. Еколого-біологічне вивчення водоростей водоймищ Криворізького залізорудного басейну // Екологія та ноосферологія. – 2010. – № 3-4. – С. 36-42.

34. Bellinger E. G., Sigeo D. C. Freshwater Algae: Identification, Enumeration and Use as Bioindicators. – Chichester: Wiley-Blackwell, 2015. – 290 pp.

35. Kauss P. B., Griffiths M. Biomass and productivity determination of algae in the Great Lakes. – Prepared for: Working Group II of the Water Management Steering Committee. – Queen's Printer for Ontario, 1982. – 33 pp.

36. Ganf G. G. Diurnal mixing and the vertical distribution of phytoplankton in a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda) // Journal of Ecology. – 1974. – № 62. – pp. 611-629.

37. Changes in turbulent mixing shift competition for light between phytoplankton species / J. Huisman, J. Sharples, J. M. Stroom [et al.] // Ecology. – 2004. – Vol. 85, № 11. – pp. 2960-2970.

38. Габович А.Г., Головань С.М., Домарев В.В., Орленко В.С., Хорошко В.О., Д.В. Чирков. Основи наукових досліджень : підручник. Київ : ДУІКТ, 2007. 173 с.
39. Горбатенко І.Ю., Івашина Г.О. Основи наукових досліджень: підручник. Київ : Вища школа, 2001. 92 с.
40. Колесников О.В. Основи наукових досліджень : Навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2011. 144 с.
41. Мочерний С.В. Методологія економічного дослідження. Львів: Світ, 2001. 415 с.
42. Основи методології та організації наукових досліджень : Навч. посіб. За ред. А. С. Конверського. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 352 с.
43. П'ятницька-Позднякова І.С. Основи наукових досліджень у вищій школі: Навч. посібник. Київ, 2003. 116 с.
44. Ростовський В.С, Дібрівська Н.В. Основи наукових досліджень і технічної творчості : підручник. Київ : ЦУЛ, 2009. 96 с.
45. Цехмістрова Г.С. Методи та техніка наукових досліджен : Навч посіб. Київ: Либідь, 2005. Режим доступу: <http://uadocs.exdat/docs/index-1638/html?page=5>)
46. Шейко В.М., Кушнарєнко Н.М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності : Підручник. Київ : ЗнанняПрес, 2004. 307 с.
47. Гігієна тварин. Практикум В.В. Демчук, та ін. К.: Вид-во. "Сільгоспосвіта", 1994. - С. 155-157.
48. Гігієна тварин. М.В. Демчук, та ін. - К.: Урожай, 1996.- С. 61-65. -72-76.
49. Довідник з гігієни. М.С Борщ та ін. К.: Урожай, 1991 - С. 34-35.