

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР «МАЛА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ»
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ НАН УКРАЇНИ**

**Методичні рекомендації щодо організації
науково-дослідницької діяльності учнів
у відділенні екології та аграрних наук
Малої академії наук України**

Методичний посібник

Київ – 2012

Авторський колектив:

А. В. Курейшевич (Ліщук), д. б. н.; О. В. Романенко, д. б. н.; О. Є. Усов, к. б. н.;
О. А. Давидов, к. б. н.; О. Г. Зіньківський, к. б. н.; К. Є. Зоріна-Сахарова, к. б. н.;
Г. О. Карпова, к. б. н.; Л. С. Кіпніс, к. б. н.; М. Т. Гончарова, м. н. с.

Редакційна колегія:

О. В. Лісовий, С. О. Лихота,
Т. М. Мовчан, Л. М. Панчук

Рекомендовано науково-методичною радою
Національного центру «Мала академія наук України»
(протокол № 3 від 5.10.2012 р.)

Методичні рекомендації щодо організації науково-дослідницької діяльності учнів у відділенні екології та аграрних наук Малої академії наук України: методичний посібник / [за заг. ред. О. В. Лісового]. – К. : ТОВ «Праймдрук», 2012. – 52 с.

У посібнику подано методичні рекомендації співробітників Інституту гідробіології Національної академії наук України щодо організації науково-дослідницької діяльності учнів у відділенні екології та аграрних наук Малої академії наук України.

Для слухачів, учнів – членів Малої академії наук України, наукових керівників та спеціалістів, які займаються організацією науково-дослідницької роботи.

© Авторський колектив, 2012
© Міністерство освіти і науки,
молоді та спорту України, 2012
© Національна академія наук України, 2012
© Національний центр
«Мала академія наук України», 2012

ВСТУП

Інтелектуальні ресурси суспільства – необхідний фактор піднесення країни. Саме тому цивілізаційний поступ України як повноцінної демократичної держави значною мірою залежить від підготовки нової генерації наукової еліти, творчі здобутки якої визначатимуть стратегічні напрями розвитку країни в майбутньому та забезпечуватимуть її конкурентоспроможність на світовій арені.

Мала академія наук України є освітньою системою, яка взяла на себе функцію пошуку, відбору та підтримки підростаючого покоління інтелектуальної еліти. Мала академія відкриває обдарованій молоді дорогу до наукових висот, забезпечує умови для її професійного і соціального самовизначення, творчої самореалізації. Важливою умовою досягнення позитивного результату в цій роботі є об'єднання зусиль різних освітніх та наукових установ, зокрема Національної академії наук України. Національний центр «Мала академія наук України» підпорядковується Міністерству освіти і науки, молоді та спорту України та Національній академії наук України, що створює умови для поглиблення взаємодії наукових центрів НАН України та закладів МАН України щодо роботи з обдарованими дітьми. Співпраця зазначених установ є вагомим внеском у підвищення ефективності роботи з обдарованою молоддю та посилення результативності у вихованні наукової зміни.

Національний центр «Мала академія наук України» спільно з науковими установами НАН України створює інформаційно-методичну базу матеріалів для здійснення наукових досліджень учнями МАН України, їхньої професійної орієнтації, ознайомлення з основами наукової діяльності.

Висловлюємо щирю подяку науковим співробітникам Інституту гідробіології НАН України за співпрацю, надані методичні рекомендації, розробку основних напрямів та актуальних тем наукових досліджень для учнів наукового відділення екології та аграрних наук Малої академії наук України.

У цьому посібнику вміщено методичні поради для учнів МАН, педагогічних працівників загальноосвітніх, позашкільних і вищих навчальних закладів та інших спеціалістів щодо написання наукових робіт дослідницького характеру у відділенні екології та аграрних наук.

Сподіваємося, це науково-методичне видання стане у нагоді багатьом педагогам та науковим керівникам, які організують науково-дослідницьку та пошукову діяльність школярів, а також надасть вихованцям Малої академії наук України можливість самостійно та цілеспрямовано працювати, розвивати креативне мислення, удосконалювати свої теоретичні та практичні знання, уміння та навички.

О. Лісовий,
*директор Національного центру
«Мала академія наук України»*

1. Особливості вибору теми науково-дослідницької роботи

Поради учням МАН щодо вибору напрямку і тематики роботи

Тему дослідницької роботи учень може обрати самостійно або разом з учителем із переліку, рекомендованого спеціалістами у галузі водної екології та гідробіології. Запропоновані фахівцями теми є актуальними та укладені відповідно до рівня знань і пізнавальних можливостей учнів. Їх виконання не потребує складного і специфічного лабораторного обладнання.

Роль учителя (керівника) у виборі теми, на нашу думку, є провідною. З огляду на рівень знань учня, його навчально-пізнавальні можливості, наявність наукового консультанта, необхідних матеріалів, лабораторного обладнання, потрібної літератури керівник пропонує школяреві найбільш актуальну тематику. Перевагу надають темі, вивчення якої сприятиме розвитку особистості учня.

Напрямок і тема дослідження мають бути цікаві для учня. Разом з учителем – педагогічним керівником юний дослідник визначає актуальність і новизну роботи, складає план виконання науково-дослідницької роботи.

У сучасній гідроекології України актуальними є такі напрями:

- дослідження екологічного стану водних об'єктів;
- збереження та відтворення біологічного різноманіття водних екосистем;
- інвазійні види та причини їх появи у водних об'єктах;
- пошук і розробка методів поліпшення якості води;
- наукові основи культивування гідробіонтів з метою отримання з них цінних продуктів.

Цікавими і перспективними напрямами гідроекології є біологія відтворення риби та іхтіологія.

Видовий і кількісний склад популяцій риби, їх співвідношення та взаємодія, фізіологічний стан, здатність до відтворення, життєздатність впливають на рівновагу та збалансованість екосистем водойми. Усе це свідчить

про пріоритетність іхтіологічних досліджень у розвитку екологічної науки загалом.

Організація науково-дослідницької роботи в системі МАН у напрямі іхтіології та біології відтворення риби є необхідною та корисною у процесі формування наукового світогляду та екологічного виховання учнів. Особливо важливим принципом, який визначає вибір напрямку досліджень, є гострота й актуальність екологічних та гідроекологічних проблем, які постають перед суспільством. Збідніння та деградація водних екосистем унаслідок антропогенного тиску, зникнення або звуження ареалів поширення цінних аборигенних видів риби, агресивне проникнення малоцінних риби-вселенців є основними проблемами сучасної гідроекології. Вони потребують розроблення методів штучного відтворення цінних видів риби, удосконалення методів вирощування потомства цих риби та заселення їх у природне середовище для відтворення популяції, пошуку біологічно активних речовин та препаратів, які можуть сприяти підвищенню життєздатності ікри та ембріонів риби, ефективності їх штучного відтворення.

Основні принципи формулювання теми роботи

Основні принципи формулювання теми роботи є загальними для всіх науково-дослідницьких робіт і широко висвітлені у навчально-методичній літературі [3; 4; 7; 25; 29; 33].

Тема конкурсної роботи має відповідати перспективним напрямам обраного розділу науки, мати певну теоретичну та практичну цінність, елементи новизни.

Не варто пропонувати учням МАН складні теми, для виконання яких потрібна висока кваліфікація. Зрозуміло, що такі роботи школярі не зможуть виконати самостійно.

Назва теми має бути лаконічною, відповідати змісту наукової проблеми (завдання), відобразити мету дослідження та його завершеність. У назві не слід використовувати складну термінологію.

Основні типи дослідницьких робіт

Зауважимо, що в літературі немає єдиної класифікації типів, видів і форм дослідницької роботи учнів (пошукова, порівняльна, теоретична, експериментальна тощо) [4; 14; 29].

У гідроекологічних роботах переважають пошукові, описові, порівняльні та експериментальні дослідження. Причому в роботі можуть переплітатися усі типи досліджень.

Пошукове дослідження – найпростіший вид досліджень, що являє собою збір попередньої інформації, яка допоможе визначити проблему і висунути гіпотези. Варіантом пошукової роботи для учнів МАН у гідробіології може бути написання реферату. Такий вид дослідження обов'язково потрібно рекомендувати на початкових етапах дослідницької роботи, оскільки праця з літературою розширює кругозір, вчить логічно мислити, порівнювати, аналізувати й узагальнювати дані, виявляти найбільш перспективні шляхи вирішення тієї чи іншої проблеми.

Описове дослідження передбачає систематичний якісний та кількісний опис об'єкта. Щоб виявити суть явища, необхідно насамперед зібрати й описати фактичний матеріал про нього. Збір та опис фактів були основними прийомами досліджень у ранній період розвитку біології, проте вони не втратили своєї актуальності й сьогодні. Прикладом описового дослідження у гідробіології може бути опис флори та фауни певного водного об'єкта чи ділянки.

Описовий метод досліджень застосовують також для того, щоб описати й осмислити поведінку чи зміни у поведінці гідробіонтів, наприклад риб, під дією певних чинників (токсикантів, швидкості течії, освітленості тощо). Проте,

застосовуюючи описові методи, бажано встановити умови експерименту і чинники, які кількісно враховуються.

Приклад експерименту.

Проводять дві серії експериментів. У кожній серії досліджують по три акваріуми (30–40 л). У перші три акваріуми (І серія) поміщають по одній самиці карася, що напередодні віднерестилися (3–5 діб). В інші три акваріуми (ІІ серія) поміщають по одній самиці, готової до нересту. Після однодобової адаптації без годівлі до цих самих акваріумів вносять: І № 1 та ІІ № 2 – 1000 5-денних личинок карася, в І № 2 та ІІ № 2 – 1000 личинок коропа, І № 3 та ІІ № 3 – по 500 личинок карася та коропа. За 30 хв після початку експерименту дорослих риб забирають з акваріумів і рахують личинки, що залишилися. У результаті з'ясовується, чи мають карасі схильність до канібалізму або ж, навпаки, знищують молодь іншого виду-конкурента; чи однаковою мірою така поведінка властива риbam, що вже віднерестилися, або ж тим, що готуються до нересту і звільнюють водойму від потенційних ворогів.

Зауважимо, що єдиною анатомічною та візуальною відмінністю личинок цих видів є наявність вусиків у кутках губ у личинок коропа. Отже, голодні самиці карася мали орієнтуватися за цією ознакою. Під бінокуляром за збільшення 3x10 цю ознаку добре видно. Підрахувавши личинки, які залишилися, можна оцінити вибірковість і швидкість (шт./с) дії самиць карася і зробити висновок, чи варто утримувати у ставку карасів разом з іншими видами риб.

Порівняльне дослідження передбачає порівняння якісно-кількісних характеристик об'єкта, що вивчається, з іншими об'єктами. Порівняльний метод дає змогу шляхом порівняння вивчати подібність і відмінність організмів та їх частин. Він був поширений ще у XVIII ст. На принципах цього методу базувалася систематика, а також зроблено одне з найбільш фундаментальних узагальнень – клітинна теорія. Порівняльний метод не втратив свого значення і тепер.

Порівняльна дослідницька робота в гідробіології може бути пов'язана з порівнянням флори та фауни, одного або цілого комплексу гідробіологічних показників у різнотипних об'єктах чи окремих ділянках одного і того самого об'єкта у певний чи різні сезони року, впродовж багатьох років або лише однієї доби тощо.

У гідроекології всі дослідження можна поділити на польові та експериментальні. Польові дослідження включають збирання первинної інформації про гідробіонтів у їхньому природному середовищі, а експериментальні – вивчення властивостей і поведінки гідробіонтів у заданих контрольованих умовах. Якщо результати польових досліджень дозволяють виявити загальні закономірності перебігу тих чи інших процесів у водних екосистемах, то тонкі експериментальні роботи допомагають виявити механізми, що їх спричинили, а також виявити зміни у водних організмах на клітинному і субклітинному рівнях унаслідок дії різних чинників водного середовища.

Основним типом (методом) робіт, спрямованих на відновлення або розширення ареалів цінних видів риби і таких, що зникають, а також освоєння нових нетрадиційних об'єктів у рибництві та впровадження інтенсивних методів розмноження риби, є експериментальний. Додатковим методом цього напряму досліджень є натурні (польові) роботи, які включають збирання (виллов) та оцінку об'єктів в умовах експедиції, їхню фіксацію та подальшу обробку в лабораторних умовах.

Обидва методи базуються на застосуванні та оперативному осмисленні таких кількісних показників, як життєздатність, плодючість, темпи росту, вгодованість, а також розміри та чисельність популяції, співвідношення вікових груп, характер живлення тощо.

Таким чином, комплексне використання різних методів дозволяє найбільш повно пізнати об'єкти природи і явища, що в них відбуваються.

Теоретичні роботи в гідробіології можливі, але учневі важко досягнути понятійний апарат, тим більше що в питаннях визначення та класифікації

понять у гідробіології нині немає єдиного підходу, а повнотекстовий доступ до першоджерел інформації часто є ускладненим.

2. Початковий понятійний апарат досліджень

Початковий понятійний апарат досліджень – це основні поняття, які необхідно розуміти в межах галузі, напряму, тематики.

Гідробіологія:

- водні екосистеми, водні організми, гідробіонти, гетеротопні та гомотопні організми;
- біологічні компоненти водних екосистем, бактерії, віруси, мікро- та макроводорості, макрофіти, вищі водяні рослини, водні безхребетні тварини, рибоподібні та риби;
- чинники середовища, абіотичні, біотичні, антропогенні;
- евробіонти, стенобіонти;
- оптимальні умови, лімітувальні чинники;
- адаптація біохімічна, фізіологічна, морфологічна тощо;
- ареал, біотоп, екотоп;
- угруповання, біом, біота;
- пелагіаль, бенталь, нейсталь, пелагос, бентос, нейстон;
- планктон, перифітон, нектон, плейстон;
- фітопланктон, бактеріопланктон, зоопланктон, іхтіофауна, фітобентос, мікро- та макрофітобентос, бентичні та перифітонні водорості, зообентос, мікро- та макрозообентос, бентична макрофауна, зооперифітон, фітофільна фауна (або зоофітос), пелагобентос та псамон;
- сестон, органо-мінеральні частинки (детрит);
- фізико-хімічні властивості води: прозорість, мутність, щільність, в'язкість, поверхневий натяг, забарвлення;
- сольовий склад води, евригалінні та стеногалінні гідробіонти, галобіонти, галофоби, осморегуляція;

- йонні компоненти води, мікроелементи;
- гази, розчинений у воді кисень, вуглекислий газ, сірководень;
- біогенні речовини, нітрати, амонійний азот, нітрити, фосфати, залізо, кремній;

- рН, водневі йони, окисно-відновний потенціал;
- розчинені органічні речовини;
- температура, евритермні, термофільні та кріофільні організми;
- світло, евфотична та афотична зони;
- ґрунти, донні відклади, дночерпач;
- популяція, біоценоз, видове різноманіття;
- сукцесія, автотрофна, гетеротрофна сукцесія;
- первинна, вторинна продукція, фотосинтез, кінцева продукція, продуценти, консументи, деструкція органічної речовини;

- трофність: дистрофні, оліготрофні, мезотрофні, евтрофні озера;
- антропогенне евтрофування водойм, «цвітіння» води;
- біологічні перешкоди;
- забруднення, органічне забруднення, сапробність, сапробіонти;
- токсичне забруднення, забруднювальні речовини;
- біологічне самоочищення;
- водна флора, водна фауна, біорізноманіття, збереження біорізноманіття;

- якість води, моніторинг екологічний;
- біоіндикація, біотестування, тест-об'єкти.

Водорості:

- поняття «водорості» (*Algae*), альгологія, фікологія;
- основні структури тіла водоростей (ступені морфологічної диференціації): амебоїдна, джгутикова, пальмелоїдна, кокоїдна, нитчаста, різнонитчаста, тканинна, сифональна та сифоноклодальна форма будови;
- будова клітини: оболонка, цитоплазма, ядро, хроматофор, вакуолі з

клітинним соком, скоротливі вакуолі, червоне вічко (стигма), джгутики, перипласт, ослизнення, протопласт;

- живлення водоростей: автотрофний, фотосинтетичний, гетеротрофний;

- фотогетеротрофний, сапрофітний типи;

- поділ водоростей на відділи: синьо-зелені, діатомові, зелені, харові, динофітові, криптофітові, евгленові, золотисті, жовто-зелені, червоні, бурі;

- екологія водоростей: планктонні, бентичні, перифітонні водорості;

- основні чинники, що впливають на поширення та розвиток водоростей: абіотичні (температура, світло, фізичні та хімічні властивості води і субстрату), біотичні (трофічні, алелопатичні, конкуренція, симбіоз), антропогенні (антропогенне евтрофування);

- роль водоростей у природі (у балансі живої речовини, у балансі кисню як компонента біоценозів, індикатора стану природного середовища);

- методи відбору та опрацювання проб водоростей: планктонна сітка, батометр, мікробентометр, дночерпак, драга, мулосос, сачок зі скребком, етикетування та фіксація проб (формальдегід, розчин йоду з йодидом калію), постійні та водні препарати, визначення чисельності та біомаси, світлова та електронна мікроскопія, камера Нажотта, окуляр-мікрометр.

Екологічна фізіологія водоростей:

- прокаріотичні (доядерні), еукаріотичні водорості;

- типи водоростей: синьо-зелені, зелені, діатомові, евгленові, харові, динофітові, криптофітові, золотисті, жовто-зелені, червоні, бурі;

- синьо-зелені водорості (ціанобактерії, ціанопркаріоти), «цвітіння» води;

- альгофлора, фітопланктон, водорості перифітону, бентосу, епіфітні водорості;

- світло, фотосинтетичні пігменти і поглинання світла, фроматична адаптація;

- фотосинтез і освітленість, накопичення та запасання продуктів фотосинтезу;
- метаболізм вуглецю, фіксація вуглецю, темнове дихання, фотодихання;
- типи живлення: автотрофний, гетеротрофний, фотогетеротрофний;
- чинники впливу на функціонування водоростей: інтенсивність і спектральний склад сонячної енергії, температурний режим, швидкість течії, концентрація у воді основних біогенних речовин, мінералізація води, алелопатичний вплив інших видів водоростей, бактерій, вищих водяних рослин тощо;
- неорганічні поживні речовини (біогени); азот, фосфор; співвідношення: азот – фосфор; кальцій, кремній, калій, сірка, мікроелементи; поглинання біогенів;
- природні популяції водоростей; альгологічно та бактеріально чисті культури;
- фізіологічні методи дослідження водоростей: лабораторне культивування, виділення бактеріально чистих культур, визначення чисельності та біомаси водоростей, діагностика фізіологічного стану, інтенсивності фотосинтезу і дихання тощо;
- біохімічні компоненти клітин водоростей: фосфоровмісні сполуки, АТФ, фосфоліпіди, поліфосфати, азотовмісні сполуки, нуклеїнові кислоти, білки, амінокислоти, пігменти водоростей: хлорофіли (*a*, *b*, *c*, *d*), білі хромопротеїди, жовті пігменти (каротини, ксантофіли), вуглеводи, ліпіди, органічні кислоти, вітаміни, ферменти тощо;
- чинники впливу на біохімічний склад біомаси мікроводоростей;
- метаболіти водоростей; біологічно активні речовини водяних рослин (ефірні олії, органічні кислоти, феноли, алкалоїди, індоли, вуглеводні, аміни, терпени тощо);
- алелопатичні зв'язки (між водоростями, водоростями та бактеріями, водоростями та вищими водяними рослинами);

- токсини водоростей, токсичні види альгофлори;
- промислове культивування водоростей, типи біореакторів;
- корисні продукти з водоростей, водорості та біоенергетика.

Макрофіти:

• гідроботаніка – наука про водяні рослини та процеси заростання водойм і водотоків;

- вищі водяні рослини, макроводорості, макроліти;

• методи вивчення флори та рослинності водойм; інструментарій для збирання й обліку рослин; гербаризація водяних рослин;

• екологічні групи макрофітів – гелофіти, гідрофіти (занурені, рослини з плаваючим листям), гігрофіти, мезофіти;

- водяна флора та рослинність, водяне ядро флори;

- чинники, що впливають на формування рослинного покриву водойм.

Заростання водойм – швидкість заростання, спосіб заростання, тип заростання, ступінь заростання, динаміка. Проективне покриття видів;

- картування рослинного покриву;

• геоботанічний опис. Домінуючі види, субдомінанти. Рослинні асоціації, угруповання. Класифікація водяної рослинності;

• продукція макрофітів. Первинна продукція, чиста первинна продукція. Продукція, продуктивність, біомаса. Опад, приріст;

- динаміка розвитку макрофітної рослинності. Сукцесії;

• макрофіти – індикатори умов середовища. Визначення трофічного статусу та якості води за макрофітами;

- роль водяної рослинності у гідроекосистемі;

- евтрофікація та забруднення водойм. Біологічне самоочищення.

Біоплато;

• раритетні види й угруповання водяних рослин. Охорона та відтворення рослинного світу водойм.

Макробезхребетні:

- гідробіологія, лімнологія, водна екологія. Горизонтальний поділ: літоральна і пелагіальна зони. Вертикальний поділ: фотична й афотична зони. Ставок та озеро. Струмок і ріка. Морфометрія озера: найбільші довжина, ширина, глибина; площа водного дзеркала, об'єм, середня глибина; довжина берегової лінії; стік, водообмін. Характеристики річок: стік, водність, швидкість течії. Басейн;

- біотичні угруповання, біотоп, біота. Планктон, нектон, нейстон, бентос, псаммон, перифітон, інфауна, епіфауна. Макрозообентос, макрофауна. Типи субстрату;

- антропогенні чинники, біотичні чинники, життєвий цикл, біотичні ритми;

- трофність: дистрофні, оліготрофні, мезотрофні, евтрофні озера. Сапробність. Евтрофування. Алохтонна речовина, автохтонна речовина. Біогенні елементи. Продукція, деструкція. Аероб, анаероб. Автотрофне, гетеротрофне, міксотрофне харчування. Раціон;

- проба, станція відбору проб, картка проби, знаряддя відбору проб, дночерпак, драга, скребок, пастка, сачок-промивалка, фіксатор;

- показники різноманіття, видове багатство, чисельність, біомаса, вид-індикатор;

- екологічний стан, якість води.

Біологія відтворення риб:

- нерест риб, типи нересту;

- умови, необхідні для підготовки до нересту та його перебігу: нерестовища, нерестові субстрати, гідрохімічний склад води, температура води, освітленість, гідрологічні умови (наявність течії, водообмін, глибина);

- статеві продукти риб, умови, необхідні для їх формування і дозрівання в організмі, якість статевих продуктів;

- нерестова поведінка риб, нерестові міграції, вимоги до умов у різних видів риб;

- запліднення ікри, ембріони риб та їх розвиток, видові й екологічні відмінності розвитку ембріонів, вилуплення личинок риб, якість потомства, умови, які визначають або впливають на якість і життєздатність потомства риб;
- післянерестова поведінка риб;
- риби, які гинуть після нересту, їх плодючість, біологічний сенс цього явища;
- риби, які доглядають та оберігають ікру і потомство. Способи догляду за кладками ікри та личинками після їх вилуплення. Створення сприятливого кисневого режиму (вентиляція води над ікрою та у гнізді), виділення бактерицидного слизу, оборона гнізда і захист нащадків, гігієна гнізда, видалення чи поїдання незапліднених та мертвих ікринок і личинок (бичкові, лабіринтові риби);
- чинники (біотичні, абіотичні та антропогенні), що впливають на результати нересту – життєздатність ікри, що розвивається, личинок та мальків риб (21-а доба розвитку);
- абіотичні чинники – гідрохімічний склад води, газовий режим, температура, освітленість;
- біотичні чинники – якість субстратів, на яких інкубується ікра; наявність бактерій, грибів (сапролегнія), що вражають ікру; наявність хижаків (комахи, п'явок, риб тощо); наявність зоопланктону, який задовольняє вимоги живлення личинок та мальків риб (послідовно – інфузорії, евгленові, коловертки, циклопи і гіллястовусі рачки);
- антропогенні чинники – забруднення водойм стічними водами з підприємств, змив добрив, інсектицидів і гербіцидів із полів, теплове забруднення (зміни температурного режиму водойм-охолоджувачів), антропогенні зміни гідрологічного режиму (коливання рівня водойми, зарегулювання стоку, замулення внаслідок гідробудівництва тощо);
- суміщення сприятливих або несприятливих чинників. Наприклад: внесення добрив (амонійних, фосфорних і калійних) спричиняє зростання кормової бази водойми, покращення умов живлення риб, темпів їх росту,

плодючості й водночас справляє вплив як фізіологічно активний забруднювач, змінює метаболізм риб, ослаблює можливості їх підготовки до зимівлі. Узимку вони активно токсичні.

Біотестування:

- біотестування – процедура встановлення токсичності окремих хімічних речовин, поверхневих прісних, морських, підземних і стічних вод для гідробіонтів. Ґрунтується на кількісних оцінках зміни життєво важливих функцій чи виявленні смертельної дії на гідробіонтів. За технологією це експеримент, який проводять із дотриманням певних методичних вимог;
- біоіндикація – метод, який дає змогу виявляти наявність токсичних забруднень за змінами видового складу і структури гідробіоценозів;
- біоіндикатори – організми чи їх угруповання, наявність, кількість або особливість розвитку яких є показниками природних процесів чи антропогенного впливу, що змінюють склад і властивості води як середовища існування гідробіонтів;
- граничнодопустимі концентрації (ГДК) – такі концентрації хімічних речовин, які не завдають шкоди здоров'ю людини у разі використання води для питних потреб (санітарно-гігієнічні ГДК), нормальній життєдіяльності риб і кормових організмів (рибогосподарські ГДК), не порушують стану водних екосистем (екологічні нормативи (ЕН) або екологічні стандарти якості води);
- забруднення – пряме чи опосередковане внесення внаслідок діяльності людини речовин або тепла у повітря, воду чи землю, що може бути небезпечним для здоров'я людини або якості водних екосистем;
- ксенобіотики – речовини, створені людиною, які у природі ніколи не існували;
- небезпечні речовини – речовини або групи речовин, що є токсичними, стійкими і здатними до біоаккумуляції;
- токсичний ефект – патологічні зміни у функціонуванні організму під впливом токсикантів.

3. Методологічний інструментарій учнівських науково-дослідницьких робіт

У сфері водної екології (гідроекології) та гідробіології учням рекомендується зосередити свою дослідницьку увагу на водних об'єктах, розташованих неподалік від місця проживання або навчання, що дасть змогу здійснювати регулярні спостереження.

Під час дослідження водних екосистем, визначення якості води велику роль відіграє правильний вибір пунктів спостережень і техніки відбору проб. Проби, які відбираються, мають відповідати поставленим науковим завданням за обсягом і числом повторів, за обраними пунктами і годинаю відбору, попередньою обробкою, умовами зберігання і транспортування.

Методи дослідження, що їх застосовують у різних розділах гідробіології, зведені у виданні [28]. Це зібрання апробованих часом і новітніх методів визначення структурних і функціональних характеристик основних угруповань біоти водних екосистем (від водоростей до риб) і показників найважливіших екологічно значущих абіотичних чинників (гідрологічних, гідрофізичних, гідрохімічних, радіоекологічних, токсикологічних) у воді і донних відкладах водотоків і водойм України.

Метод дослідження учень обирає спільно з науковим керівником. При цьому зважають на складність методики, потребу в матеріалах і лабораторному обладнанні. Під час застосування методів слід суворо дотримуватися техніки безпеки, особливо працюючи з хімічними речовинами.

Оцінку якості води проводять виходячи із завдань контролю, зважаючи на місцеві природні й санітарні умови. Основними документами, що визначають програму та необхідний обсяг досліджень, є **Державні санітарні правила і норми (СанПіН)**, Державні стандарти визначення показників якості води (ДСТУ). До них включено нормативи для окремих речовин, іонів, елементів, показників, що визначають як природні компоненти у воді, так і антропогенні забруднення. У кожному конкретному випадку пріоритетні

показники якості води і методи їх визначення обирають залежно від дослідницьких завдань.

Для дослідження фізико-хімічних складників води у гідроекології застосовують досить прості методи, якими можуть успішно оволодіти учні, а саме: визначення прозорості, вмісту біогенних та органічних речовин, компонентів сольового складу, рН, розчиненого кисню, специфічних забруднювальних речовин.

Сучасні технічні засоби дають змогу визначити майже всі компоненти природних вод та антропогенних забруднень. Однак отримані результати не можуть дати чіткого уявлення про стан розвитку і відтворення біоценозів та прогнозувати особливості їх змін у майбутньому. Тому для контролю стану водних екосистем і рівня забруднення води доцільно поєднувати методи аналітичного визначення концентрацій забруднювальних речовин з методами екотоксикологічних досліджень, тобто вивчати вплив забруднювальних речовин на живі істоти і їхні угруповання. З цією метою зазвичай використовують дані біологічних методів досліджень, основними складовими яких є біотестування і біоіндикація. Ці методи ґрунтуються на визначенні стану забруднення водного середовища шляхом використання живих гідробіонтів і можуть бути застосовані в поєднанні з екотоксикологічними методами. Останнім часом їх дедалі частіше розглядають як самостійні методи досліджень.

З огляду на норми біоетики, а також прийняті у світі, зокрема у Європі, обмеження стосовно досліджень, що їх виконують неповнолітні особи, слід рекомендувати учням МАН працювати з природними водами, а під час біотестування надавати перевагу рослинним тест-об'єктам та одноклітинним зооб'єктам.

Біоіндикація і біотестування є менш точними щодо кількісного вимірювання окремих екотоксикантів у воді, але більш інформативними стосовно визначення загальної токсичності води та її негативного впливу на гідробіонтів і водні екосистеми. За допомогою біологічних методів можна

оцінювати стан природних угруповань і складати прогнози щодо негативних змін, які відбуваються в них, давати інтегральну оцінку токсичності водного середовища.

Суттєвою перевагою біологічних методів визначення токсичності води над хімічними є те, що вони не потребують застосування дорогих і складних в експлуатації приладів та обладнання. Досить часто гідробіонти, що їх використовують як біоіндикатори чи біотестери, виявляються більш чутливими до дії забруднювальних речовин, ніж найкращі із сучасних аналітичних приладів.

Під *біотестуванням* (в англomовній літературі *bioassay*) зазвичай розуміють процедуру встановлення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів, що сигналізують про небезпеку незалежно від того, які речовини і в яких співвідношеннях спричинюють зміни у функціонуванні тест-об'єктів. Принциповою відмінністю біотестування від інших біологічних методів оцінки якості водного середовища є використання чутливих лабораторних культур тест-об'єктів різного систематичного і трофічного рівнів. З усіх біологічних методів оцінки якості довкілля саме біотестування найлегше піддається стандартизації.

Тест-об'єкти, за визначенням Л. П. Брагінського, – «датчики» сигнальної інформації про токсичність середовища, за допомогою яких можна констатувати факт токсичності водного середовища, незалежно від того, обумовлена вона наявністю однієї речовини або цілого комплексу речовин. Лабораторні тест-культури утримують із додержанням жорстких вимог щодо хімічного складу штучного середовища, годівлі, оптимального газового режиму і рН та підтримання генетично чистої лінії. Підставою для вибору тест-організмів слугує їх чутливість. Біотестування в широкому значенні почали застосовувати з того, що ставили в шахтах клітки з птахами для виявлення наявності метану. Як науковий підхід біотестування було використано в 1850 році в роботі А. Хессела, у якій оцінювали якість води за планктоном. Засновником саме гідробіологічних методів оцінки води вважають Фердинанда

Кона, який за 20 років потому досліджував залежність складу гідробіонтів від розчинених у воді речовин.

В Україні методи біотестування під час лабораторних досліджень застосовують із 50-х років ХХ століття. У 1995 році в Україні введено в дію Керівний нормативний документ, що регламентує біотестування стічних вод із використанням як тест-об'єктів: гіллястовусих ракоподібних *Daphnia magna* і *Ceriodaphnia affinis*, мікроводоростей *Chlorella vulgaris*, риб *Lebistes reticulata*. Відповідно до постанови КМУ № 1100 від 11.09.1996 р. «Про порядок розробки і затвердження нормативів гранично допустимого скиду забруднюючих речовин» визначення токсичності методом біотестування в системі контролю якості води є обов'язковим.

Важливим моментом біотестування поверхневих вод є відбір тест-об'єктів. Для цього застосовують різноманітні організми – від найпростіших до хребетних тварин і різні типи рослин. Кожен об'єкт заслуговує на увагу і має специфічні переваги. Однак жоден з організмів не може слугувати універсальним об'єктом, що є однаково чутливим до різних речовин. Тому в біотестуванні поверхневих вод зазвичай використовують набір об'єктів, що представляють різні групи водних організмів. Із введенням кожного додаткового об'єкта ефективність схеми досліджень підвищується, однак не варто безмежно розширювати асортимент обов'язкових об'єктів. Досвід токсикологічного нормування свідчить про те, що найпоширенішими тест-об'єктами є дафнії, риби та мікроводорості. Однак для учнів МАН із добре вивчених об'єктів слід рекомендувати найпростіші, багатоклітинні водорості, вищі водяні рослини. Показником токсичного впливу називають як функцію або морфологічну ознаку гідробіонта, що змінюється під час токсичного впливу, так і факт зміни цієї функції чи ознаки. Цей параметр називають тест-функцією. Набір тест-функцій, що їх використовують для контролю якості води, є різноманітним і пов'язаний з різними рівнями біологічної організації.

Тест-функції, що їх найширше використовують, залежать від якісних показників організму, тому вони істотно різняться, зокрема:

- для інфузорій – виживання (смертність) тест-організмів;
- для одноклітинних водоростей та інфузорій – загибель клітин, зміна чисельності клітин у культурі, коефіцієнт поділу клітин, середня швидкість росту, добовий приріст культури, вміст хлорофілу, інших пігментів;
- для макрофітів – зміни тургору і забарвлення листя, швидкість руху протоплазми;
- для насіння вищих рослин – довжина корінця, цитогенетичні параметри.

Біоіндикація якості води являє собою систему гідробіологічних методів досліджень, які дають змогу отримати дані, що характеризують реакцію окремих водних організмів, популяцій, біоценозів або екосистем на певне середовище існування та зміни, які відбуваються в ньому. На відміну від біотестування біоіндикація має характер спостережень. Найчастіше користуються такими методами біоіндикації якості природних вод, як система сапробності та оцінка за біотичними індексами.

Сапробність – це ступінь забруднення водою унаслідок накопичення органічних речовин екзо- та ендогенного походження. Сапробність можна визначити за видовим складом організмів-сапробів, тобто гідробіонтів, які населяють різні за ступенем органічного забруднення водою. Зі збільшенням забруднення водою зменшується кількість груп організмів, здатних її витримувати: зникають, як правило, високоорганізовані істоти, а залишаються більш примітивні. Найвищий ступінь сапробності можуть переносити лише ті організми, які перебувають на найнижчому рівні організації.

Методи біоіндикації якості води ґрунтуються, поряд із визначенням сапробності, на застосуванні індексно-бального підходу. Біотичні індекси можна обчислити з використанням діатомових водоростей, риб, водних рослин. Однак більшість із них базується на донних безхребетних. Учня МАН для дослідження якості води слід рекомендувати застосовувати найпростіші з методів біоіндикації.

Під час організації учнівських досліджень у галузі *альгології* слід брати до уваги складність виконання учнями багатьох тем, якщо немає обладнання для відбору проб, необхідність використовувати досить складні методи досліджень, сформованість умінь і навичок визначати належність того чи іншого гідробіонта до певного виду. Наприклад, кількість планктонних видів водоростей, що зустрічаються на Київській ділянці Канівського водосховища, становить близько 300. Ідентифікація багатьох видів потребує багаторічних навичок роботи, приготування постійних препаратів, часом застосування електронного мікроскопа, використання інколи й досить складних молекулярно-генетичних методів досліджень. Тому не слід давати учням теми щодо флористичної характеристики водоростей того чи іншого водного об'єкта з огляду на велике різноманіття водоростей і складність віднесення багатьох із них до певного виду. Можна запропонувати учням дослідити основні види водоростей, які спричиняють «цвітіння» води у водоймах нашого регіону, основні чинники, що впливають на це явище у певному населеному пункті, провести моніторинг екологічного стану водойми за допомогою водоростей – індикаторів забруднення, визначити роль певних угруповань водоростей у покращенні (погіршенні) екологічного стану конкретної водойми тощо.

У напрямі *екологічної фізіології водоростей* для оцінки їх функціональної активності учням МАН можна запропонувати визначити фотосинтез нескладним склянковим методом у кисневій модифікації. Швидкість росту мікрководоростей досить просто оцінювати за зміною сухої маси або чисельності їх клітин. Можна рекомендувати учням дослідити токсичність води під час її «цвітіння» синьо-зеленими водоростями на різних тест-об'єктах (валіснерія, посівний салат, цибуля, дафнії, акваріумні риби).

Досліджуючи алелопатичні взаємовідносини між макрофітами та мікрководоростями, експерименти можна проводити в короткочасних дослідах (не більше ніж 7 діб) у мікрокосмах. Зразки води слід відібрати під час «цвітіння» синьо-зелених водоростей, домінування діатомових чи зелених і помістити їх у скляні акваріуми. У дослідні варіанти можна додати кілька

екземплярів водяного горіха або шматочки інших вищих водяних рослин, що характеризуються значною алелопатичною активністю. У зразках води з кожного акваріума досить просто визначити інтенсивність фотосинтезу, рН води і суху вагу зависей, тобто ті показники, що є інформативними і для оцінки не потребують складного обладнання та професійних навичок. Під час дослідження алелопатичного взаємовпливу між водоростями можна відібрати проби води на різних ділянках водойми або у різних водоймах і змішати їх у рівних кількостях. У всіх варіантах цікаво визначити інтенсивність фотосинтезу склянковим методом. Бажано при цьому брати до уваги також гідрохімічні показники води до і після змішування.

Вплив антропогенних чинників на автотрофну ланку водойм не складно оцінити за сирою та сухою масою мікрowodоростей перифітону, що обростають неорганічні субстрати.

У *гідроботаніці* основний масив даних щодо водяної рослинності збирають під час польових досліджень. Одним з головних методів є доступний для учнів маршрутний метод досліджень, під час якого можна отримати інформацію про видовий склад рослин, склад рослинних угруповань, ступінь заростання водойми, виконати геоботанічне картографування тощо. Проводячи моніторинг стану водяної рослинності, використовують метод стаціонарних геоботанічних досліджень, за якого одні й ті самі параметри рослинності досліджують на вибраних ділянках водойми. Вивчення фітоценозів проводять методом пробних геоботанічних майданчиків або профілів (збирають інформацію про проективне покриття видів, рясність, біомасу). Продукційні показники макрофітів вивчають методом укосів (відчуження надземних частин рослин із певної площі фітоценозу та їх зважування в сирому та повітряно-сухому стані). Макрофіти та їхні угруповання є компонентом гідроценозу, чутливим до змін навколишнього природного середовища. Ці рослини – видимий і зручний для спостережень об'єкт, вид якого легко можна визначити навіть у польових умовах. Тому досить інтенсивно відбувається вивчення

індикаторних властивостей макрофітів і розвивається напрям оцінки екологічного стану водойми за макрофітами (метод біоіндикації).

Під час оцінки екологічного стану водойм за макробезхребетними учням доцільно рекомендувати використання штучних субстратів, що спрощує відбір та обробку проб, які зазвичай досить складні для виконання без досвіду роботи. Оцінку можливо проводити за кількістю присутніх таксономічних груп або застосувати індекс PhFI [29], який не потребує визначення виду тварин. Учні можуть дослідити вплив параметрів занурених штучних субстратів на їх заселення макробезхребетними. У роботі можна виявити багато цікавих закономірностей, досліджувати як параметри самих субстратів (колір, шорсткість поверхні, матеріал, гетерогенність, площа поверхні, об'єм тощо), так і особливості розміщення у водоймі (течія, глибина, віддаленість від берега тощо), тривалість експозиції, сезон робіт тощо. Визначення тварин можливе лише до таксономічних груп. Крім закономірностей заселення, результатом роботи може бути пропонування конструкція штучного субстрату для використання в моніторингу водойм.

Досліджуючи вплив певних чинників водного середовища на макробезхребетних, роботу можна проводити шляхом експерименту, в якому використовують контрольні (що не зазнають впливу обраного чинника) і дослідні (що зазнають впливу чинника) акваріуми. Характеристики гідробіонтів, що їх фіксують: поведінка, ріст, вихід імаго тощо.

Вивчення фауни та екології бабок певної місцевості буде цікавим для учнів, якщо порівнювати спіймані імаго бабок і личинки у водоймах певної місцевості (видовий склад, чисельність), особливо якщо відбирати проби у різні сезони.

У роботі з макробезхребетними тваринами не можна застосовувати для фіксації розчин формальдегіду через його високу токсичність.

Експериментальні дослідження доцільно рекомендувати учням, які вивчають рибу. Біологія відтворення риби спрямована на з'ясування умов і чинників, що сприяють підвищенню життєздатності ікри та продуктивності

риб, розроблення засобів протидії або запобігання шкідливому антропогенному впливу на їх життєдіяльність. Одним з напрямів досліджень є розробка методів відтворення риб і застосування біологічно активних препаратів для інтенсифікації штучного розведення риб. Проведення цих робіт потребує досить потужної експериментальної бази, тому бажано, щоб Мала академія наук України створювала свою експериментальну базу – акваріумальні комплекси, басейни, стави або співпрацювала з установами, де таку базу вже створено (Інститут гідробіології НАН України, Національний університет біоресурсів та природокористування, Інститут рибного господарства, Білоцерківський національний аграрний університет тощо). Проте учнівські роботи мають бути простими у виконанні. Для учнів середнього та старшого шкільного віку необхідно вибирати зрозумілу і цікаву роботу з мінімальною кількістю повторень та одноманітної обробки експериментального матеріалу.

Біоетичні аспекти гідроекологічних, іхтіологічних та екофізіологічних досліджень

Активне впровадження сучасних освітніх технологій в Україні спрямоване на формування у молоді фундаментальних основ фахових знань та набуття практичних навичок, необхідних для її майбутньої професійної діяльності як висококваліфікованих спеціалістів. Крім того, у суспільстві дедалі більше уваги приділяється гуманізації сучасної біологічної та медичної освіти [24]. Її наближення до європейських стандартів передбачає не лише складний і тривалий процес набування молоддю ґрунтовних знань і вмінь, а й формування в неї адекватного образу сучасного спеціаліста, здатного зважати на біоетичні аспекти у своїй професійній діяльності. Впровадження норм і принципів біоетики необхідно починати вже на перших етапах вивчення природничих дисциплін [36] та науково-дослідницької роботи учнів Малої академії наук України.

Гідроекологія є однією з важливих галузей сучасної біології. Вона, зокрема, займається індикацією стану водних об'єктів як середовища існування

живих організмів, розробленням принципів невиснажливого та раціонального використання водойм, визначенням ресурсу прісної води для забезпечення нею населення тощо. Стан водойм – одна з найгостріших екологічних проблем, розв'язання якої потребує розробки сучасних методологічних підходів до здійснення постійного моніторингу водного середовища [28].

Серед сучасних методів оцінки стану водних об'єктів широкого застосування набувають дослідження фізико-хімічних складників води і різноманітні методи біоіндикації та біотестування. До біоіндикаторів відносять, зокрема, угруповання організмів гідробіонтів чи окремі види організмів. Особливість їхнього розвитку, коливання чисельності або сам факт їх виявлення чи зникнення в екосистемі є показниками природних процесів або антропогенного тиску, що впливають на склад і властивості середовища існування. Біотестування, що ґрунтується на визначенні смертності (виживання) гідробіонтів та оцінках зміни їх життєво важливих функцій, проводять з метою контролю токсичності вод природних і штучних водних об'єктів, забруднених різними чинниками. Активне залучення методів біологічного контролю, як свідчить світовий досвід, дає змогу найбільш об'єктивно оцінити сукупну дію антропогенного чинника на стан водойм. Слід пам'ятати про використання у таких експериментах великих кількостей організмів різних таксономічних груп, що зумовлює біоетичні аспекти дослідження [41].

Біоетика є міждисциплінарною наукою. Особливого значення вона набуває під час підготовки фахівців різних галузей біології та медицини. Біоетичні проблеми є не лише моральним аспектом особистості науковця або фахівця у галузі природничих наук. Питання біоетики відображені у законах України і низці документів, прийнятих Європейською спільнотою [15; 37; 45; 49], серед них Закон України «Про захист тварин від жорстокого поводження» та Європейська конвенція про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей (далі – Конвенція про захист хребетних тварин). Професійно орієнтована молодь часто виявляється необізнаною з

основами біоетики та нездатною самостійно виокремити біоетичну складову в сучасних методах дослідження об'єктів живої природи. Опановуючи основний методологічний апарат будь-якої природничої дисципліни, учнівська молодь має поглиблено вивчати закони України та ухвалені Європейською спільнотою документи, що регламентують біоетичні норми діяльності в галузях біології та медицини.

Серед сучасних методів гідробіології є такі, якими послуговуються під час дослідження іхтіофауни. Як відомо, іхтіологія – це окрема галузь, що входить до складу гідробіології і вивчає будову, життєдіяльність, особливості розмноження, еволюційний розвиток риб і круглоротих. Великий таксон риби налічує понад 20 тисяч різноманітних видів хребетних тварин, а круглороті – більше ніж 100 видів [28].

У пункті першому статті 1 Конвенції про захист хребетних тварин зазначено, що вона «застосовується до будь-якої тварини, що використовується або призначена для використання у будь-якій дослідній або іншій науковій процедурі, якщо така процедура може спричинити біль, страждання, занепокоєння чи завдати тривалої шкоди. Вона не застосовується до жодної недослідницької сільськогосподарської або клінічної ветеринарної практики» [45].

Як роз'яснено у пункті другому статті 1 Конвенції про захист хребетних тварин, термін «тварина», якщо інше не зазначено, означає будь-яку живу хребетну тварину, що не належить до людського роду, включаючи непаразитуючі та/або відтворюючі личинкові форми [45]. Виходячи із зазначеного об'єкти іхтіологічних дослідження цілком потрапляють під дію цієї Конвенції.

У статті 2 Конвенції про захист хребетних тварин зазначено: «Процедура може здійснюватися лише з однією чи більше з нижченаведених цілей та з урахуванням обмежень, передбачених цією Конвенцією» [45]:

1) а) запобігання захворюванню, хворобливому стану чи іншим відхиленням або їх наслідкам у людини, хребетних або безхребетних тварин чи

рослин, включаючи виробництво та перевірку якості, ефективності та безпечності ліків, речовин або продукції;

б) діагностика чи лікування хвороби, хворобливого стану або інших відхилень чи їх наслідків у людини, хребетних або безхребетних тварин чи рослин;

2) визначення, оцінка, регулювання чи зміна фізіологічного стану людини, хребетних і безхребетних тварин чи рослин;

3) охорона навколишнього середовища;

4) наукові дослідження;

5) освіта та професійна підготовка;

6) судова експертиза.

Методи, описані у навчальній та навчально-методичній літературі, незважаючи на вже достатньо тривалий час дії (з 1986 р.) Конвенції про захист хребетних тварин (ETS № 123) [45] та існування (з 1998 року) додаткового протоколу до неї (ETS № 170) [49], не завжди відповідають положенням цих документів [34], що може бути пов'язано із застосуванням методичних рекомендацій, які містяться у підручниках та посібниках, виданих до 1986 року.

Так, тривале зберігання іхтіологічного матеріалу і подальше його вивчення можливі за умови проведення фіксації риби, яка дає змогу уникнути додаткового вилучення риби із природного середовища для використання з науковою метою. Проте, один з найпоширеніших методів фіксації риби рекомендує використовувати 4 %-й розчин формаліну, куди радять опускати ще живу рибу, внаслідок чого вона заковтує формалін, що потрапляє далі у кишечник, забезпечуючи краще консервування внутрішніх органів тварини. Проте роботи, присвячені питанням евтаназії тварин, яких використовують для досліджень, наголошують на обов'язковому проведенні спеціально регламентованих заходів. Необхідними умовами евтаназії тварин є усунення стресової ситуації, швидка втрата твариною свідомості та смерть, простота застосування методу, безболісність для тварини та відсутність небезпеки для

виконувача [46; 46]. До неприйнятних методів евтаназії відносять методи, пов'язані з вилученням ще живої риби з водного середовища. Працювати з формаліном слід із дотриманням заходів безпеки, визначених для роботи з токсичними і шкідливими речовинами. Крім того, з огляду на токсичність формаліну його не слід рекомендувати для роботи учням Малої академії наук.

До методів евтаназії тварин належать хімічні та фізичні. З точки зору застосування методів евтаназії, у яких виникає потреба під час проведення екофізіологічних досліджень, виділяють: 1) прийнятні для тварин, які перебувають у стані свідомості; 2) прийнятні лише для тварин, які перебувають у несвідомому стані; 3) неприйнятні методи [21; 46; 47]. Відповідно до рекомендацій робочої групи Федерації Європейських наукових асоціацій із лабораторних тварин (FELASA) під терміном «несвідомий стан» розуміють такий стан тварини, за якого вона нечутлива до зовнішніх подразників і який спостерігається під час загального наркозу, чи коматозний стан, а під терміном «стан свідомості» розуміють нормальний стан тварини, коли вона здатна сприймати різні подразники й адекватно реагувати на них [46; 47].

Проведення іхтіологічних досліджень часто пов'язане з необхідністю евтаназії риб, а позаяк це хребетні тварини, то учням МАН потрібно вивчати законодавчі акти, що регламентують проведення евтаназії, для етичного застосування методів евтаназії гідробіонтів.

Як вважають зарубіжні автори [50], до хімічних методів евтаназії риб належать методи, які передбачають використання препаратів, що ефективно проникають крізь шкіру та зябра, зокрема, бензокаїну. Його додають безпосередньо у воду акваріума або іншої ємності, де тимчасово утримуються риби.

Позаяк бензокаїн здатен змінювати кислотність води, для усунення подразливого впливу на риб, що виникає внаслідок цього, рекомендовано доводити розчини бензокаїну до нейтральних значень рН [44]. Іншим препаратом, дозволеним для проведення евтаназії риб, є MS-222. Як і бензокаїн, він забезпечує пригнічення активності центральної нервової системи

риб. Гуманними методами евтаназії риб вважають також додавання до водного середовища небарбітуратних снодійних засобів, таких, як етомідат, метомідат, що досить швидко пригнічують діяльність центральної нервової системи, та препарату хінальдіну, дія якого ґрунтується на пригніченні сенсорних ділянок мозку [50]. Недоречним вважають застосування таких хімічних методів евтаназії, як інгаляційні заходи, наприклад, з використанням CO₂, через тривалий індукційний період у холонокровних тварин. Не рекомендують також користуватися ін'єкційними засобами, наприклад такими, як натрію пентабарбітонат, адже це пов'язано з необхідністю вилучення тварини з води, а це неодмінно спричинить у неї стресовий стан [21].

Фізичні методи евтаназії передбачають застосування чинників, спрямованих на швидке руйнування життєво важливих структур центральної нервової системи або на дезінтеграцію її діяльності внаслідок певного фізичного впливу. До фізичних методів, що їх можна застосовувати до об'єктів іхтіофауни, відносять декапітацію, струс мозку ударом по черепу, оглушення електричним струмом, мацерацію [46; 47].

На перший погляд спостерігача, фізичні методи естетично не завжди є виправданими, проте їх гуманність зумовлена швидкістю дії. Ефективність кожного зі згаданих методів та межі їх застосування щодо риб неоднакові. Мацерацію рекомендовано застосовувати щодо малих риб із довжиною тіла до 2 см. Оглушення ударом по черепу, за умови коректного його проведення, призводить до швидкої втрати твариною свідомості та її смерті. Рекомендується впевнитися у смерті тварини шляхом її знекровлення протягом наступних кількох десятків секунд. Оглушення електричним струмом, що нині використовують на риборозплідних фермах, вважають не придатним для лабораторного застосування. Це зумовлено тим, що окремі види риб малочутливі до цього виду фізичного впливу (наприклад, електричні вугрі), а також складністю його застосування до великих екземплярів риби, які за такого фізичного впливу можуть бути лише слабко оглушені. Ефективним, швидким і гуманним методом евтаназії вважають декапітацію тварин, коли руйнується

цілісність структур центральної нервової системи з одночасним руйнуванням судин, що забезпечують кровопостачання головного мозку. Однак у разі застосування цього методу до об'єктів іхтіологічних досліджень спочатку обов'язково слід оглушити тварину або ввести у стан наркозу [21]. Такі попередні заходи необхідні для зменшення ймовірних страждань риб, позаяк вони як пойкилотермні тварини здатні досить довго витримувати відсутність кисню. При цьому, навіть за відсутності кровопостачання, головний мозок риб продовжує функціонувати протягом кількох десятків хвилин.

Як зазначалося раніше, окремі методи евтаназії можна застосовувати лише до тварин, які вже перебувають без свідомості. До таких методів належить зокрема проколювання спинного мозку. Знекровлювання, за сучасними уявленнями, не може бути застосоване для евтаназії і є лише способом підтвердження смерті тварини, що перебуває без свідомості після попереднього використання іншого гуманного методу. Це пов'язано з особливостями чутливості процесів функціонування мозку пойкилотермних гідробіонтів в умовах дефіциту кисню.

Окремо зосередимо увагу на кількох методах, які з біоетичних міркувань є не придатними для застосування щодо хребетних гідробіонтів. Це зокрема: 1) застосування 2-фенілетилового спирту, оскільки він спричинює повільну смерть, що супроводжується стресовою реакцією тварин, до того ж має застосовуватися у достатньо великих дозах; 2) перегрівання та вилучення зябрових гідробіонтів з води [21; 46; 47].

Під час дослідження кількісного і видового складу комах молодим дослідникам не слід рекомендувати для проведення експериментів застосовувати «липучки», на які прилипають різні комахи, що мешкають у лісі або в інших за ландшафтом територіях.

Таким чином, планомірне ознайомлення учнівської молоді з основами біотичних норм та принципів і роз'яснення необхідності їх практичного застосування має підкріплюватися вивченням заходів, придатних для використання згідно з Конвенцією про захист хребетних тварин «...у тих

процедурах, які можуть спричинити біль, страждання, занепокоєння чи завдати тривалої шкоди...» [45]. Це допоможе уникнути декларативності біотичних норм і надасть можливість майбутнім молодим фахівцям реально їх дотримуватися у випадках використання хребетних тварин, коли «існують розумні підстави вважати, що це слугуватиме поглибленню знань або відповідатиме загальним інтересам людини чи тварини» [45], і немає можливості замінити це використання альтернативними заходами.

4. Щодо визначення понять «актуальність» і «новизна» учнівської роботи

Учнівська робота в МАН – це творча робота, яку самостійно виконує учень на науковій та експериментальній базі. Робота має містити дані власної пошукової роботи, спостережень, дослідів, обробки результатів, їх аналіз та узагальнення, посилення на наукові джерела, відображення власної позиції дослідника, його обізнаності щодо сучасного стану галузі дослідження та опанування ним методикою експерименту. Звичайно, роботи мають відповідати рівню пізнавальних можливостей і вікових особливостей учня.

Визначення понять «актуальність» і «новизна», на нашу думку, загалом, має відповідати таким, що є у наукових дослідженнях [25; 33; 38].

Актуальність теми – це та причина, що спонукає досліджувати саме цю проблему. Обґрунтування актуальності включає вказівку на необхідність і своєчасність вивчення досліджуваного питання. З огляду на те, що робота є учнівською, тема її в гідробіології буде актуальною, коли вона значуща не лише для дисципліни загалом, а спрямована на дослідження конкретного, більш вузького питання, має «регіональний» характер. Тобто на перший план може виступати не теоретична актуальність теми (її значущість у дослідженні фундаментальних, глобальних проблем гідробіології або міждисциплінарних проблем), а практична (вирішення проблеми, що є важливою для школи,

мікрорайону, міста). Критерій актуальності динамічний і залежить від конкретних та специфічних обставин.

Мета і завдання, що їх ставлять перед собою Мала академія наук України та Національна академія наук України, є різними. Тому і поняття «актуальність» та «новизна» в учнівських дослідницьких роботах мають бути специфічні. Робота має бути актуальною та новою для учнів. Дослідження необхідно проводити для вирішення соціально значущих та популярних проблем, як-от: охорона довкілля, боротьба з екологічними негараздами, відновлення втрачених екосистем, залучення нових ефективних біотехнологій тощо. У такому разі учні сприйматимуть свою роботу як корисну. Вони зможуть доповідати про виконану роботу на секціях і гуртах МАНУ, із задоволенням розповідати про свою роботу батькам і товаришам.

«Новизна» для учнів у процесі експериментальної роботи гарантована самою роботою. Учні працюють із приладами, проводять експериментальні виїзди, використовують сучасні методи обробки та осмислення матеріалу, вивчають наукову літературу.

Отже, намагатися досягнути «новизни» та «актуальності» дослідження для широкого наукового загалу, на наш погляд, не обов'язково. Мала академія наук України у своїй діяльності має орієнтуватися, насамперед, на педагогічний ефект – виховання у дітей почуття відповідальності за екологічний стан довкілля, у тому числі водойм. По-друге, важливим завданням є виявлення найбільш талановитих та обдарованих дітей, які в майбутньому можуть стати вченими.

Новизна учнівської роботи в гідробіології може полягати як у нестандартних підходах до досліджень на вже вивченому водному об'єкті, так і у використанні традиційних методів на водному об'єкті, який ніколи не був у полі зору науковців. Критерій наукової новизни характеризує нові теоретичні та практичні висновки. Наукова новизна учнівської дослідницької роботи – це одержання нових знань про водні об'єкти, їх населення, а також розширення і

доповнення вже отриманих даних, оригінальність способів дослідження, поглиблене дослідження та обґрунтування відомих положень.

5. Вікові особливості та пізнавальні можливості учнів під час виконання науково-дослідницької роботи

Вікові особливості учнів та їх пізнавальні можливості розглядаються у курсах педагогіки, психології, вікової фізіології. Інформація про це є в підручниках із цих дисциплін, наприклад: [8; 9; 10; 11; 12], а також у спеціальних виданнях [23; 40].

Учень, який займається науковими дослідженнями, уособлює в собі дві важливі риси: це дослідник і дитина одночасно. Учень-дослідник характеризується нетрадиційним мисленням і поглядами на вирішення проблеми – не потрібно стримувати його ініціативу. Проте учень – це дитина, якій потрібна цікава, приваблива праця. Плануючи дослідження, потрібно мінімізувати одноманітні, монотонні дії, що потребують ретельного виконання упродовж значного періоду часу. Краще, якщо дослідження складається з певної кількості блоків-завдань, кожен із яких має конкретний результат, і виконання яких не потребує тривалого часу. Це створюватиме атмосферу завершеності, а отримання навіть незначних результатів посилює впевненість учня у своїх силах, віру в те, що він зможе виконати поставлене завдання.

Під час виконання науково-дослідницьких робіт у наукових відділеннях МАНУ велике значення мають індивідуальні особливості учня, адже роботи виконують обдаровані, здібні до наукової діяльності молоді дослідники.

Гідробіологічні дослідження пов'язані також із певним ризиком, особливо для дітей. Тому під час їх планування потрібно пам'ятати про техніку безпеки поведінки на воді. Не потрібно ускладнювати процес відбору гідробіологічного матеріалу, особливо з глибинних ділянок. Достатньо обмежитись зоною мілководь або роботою з берега. Зовсім не припустимо, щоб діти відбирали проби на водних об'єктах за відсутності вчителя.

Робота з гідробіологічним матеріалом часто потребує фіксації його формаліном або етиловим спиртом, які є шкідливими речовинами. Однак, найпростіші обрахунки можна виконати на живому матеріалі у польових умовах. Це, звичайно, забирає багато часу, тому під час планування експедиційного виїзду потрібно обмежитися незначною кількістю станцій (щонайбільше три за один день).

Для організації співпраці керівника та учня можна використати такі джерела [2; 3; 7; 29; 39].

Набуття учнями наукових знань і формування навичок дослідницької роботи є важливим завданням Малої академії наук України. Однак головна та набагато складніша мета – це розвиток інтересу учнів до розумової праці, науки та наукової діяльності.

6. Орієнтовні теми науково-дослідницьких робіт для учнів секції «Екологія» наукового відділення екології та аграрних наук Малої академії наук України

Орієнтовні напрями наукових досліджень	Актуальні теми
Водорості	
Альгофлора водних екосистем та чинники, що впливають на її формування	Основні види водоростей, які спричинюють «цвітіння» води у водоймах нашого регіону
	Дослідження основних чинників, які впливають на «цвітіння» води певного населеного пункту
	Порівняльна характеристика кількісного розвитку водоростей на різних за ступенем забруднення ділянках водойм
Водорості як індикатори забруднення водних екосистем	Моніторинг екологічного стану водойми за допомогою водоростей – індикаторів забруднення
Роль водоростей у самоочищенні та забрудненні водних екосистем	Роль певних угруповань водоростей у покращенні (погіршенні) екологічного стану певної водойми
	Оцінка стану водних об'єктів за рівнем розвитку основних угруповань водоростей
Екологічна фізіологія водоростей	
Вплив абіотичних чинників на фотосинтетичну активність мікрководоростей	Добова динаміка фотосинтезу фітопланктону у певній водоймі під час сонячної та хмарної погоди
	Добова динаміка фотосинтезу фітопланктону у різнотипних водоймах
Функціонування водоростей в умовах змін клімату	Вплив підвищеної температури на швидкість росту деяких видів зелених та синьо-зелених водоростей (на прикладі культур)
Токсичність метаболітів синьо-зелених водоростей	Дослідження токсичності води під час «цвітіння» її синьо-зеленими водоростями на різних тест-об'єктах
Алелопатичні зв'язки між водоростями або вищими водяними рослинами і водоростями	Дослідження взаємовпливу між водяним горіхом та мікрководоростями
	Дослідження взаємовпливу між окремими видами мікрководоростей
Ступінь розвитку перифітонних водоростей залежно від чинників водного середовища	Кількісні показники водоростей перифітону у різнотипних водоймах

	Кількісні показники водоростей перифітону на ділянках водойм, що зазнають антропогенного впливу
Надмірний розвиток мікроводоростей. Шляхи впливу	Дослідження шляхів боротьби із заростанням акваріумів мікроводоростями
Макрофіти	
Біорізноманіття водних екосистем. Охорона рослинного світу	Рідкісні види макрофітів та їх угруповань певного регіону. Особливості охорони макрофітів
	Вищі водяні рослини, перспективні для введення в інтродукцію
Забруднення водойм та процеси самоочищення	Вплив різних типів забруднення на розвиток макрофітів у водоймах. Методи боротьби з надмірним заростанням
	Вплив рекреаційного навантаження на стан водної рослинності міських водойм
	Дослідження впливу точкового джерела забруднення водойми на макрофіти
Біоіндикація екологічного стану водойм	Індикаторні властивості видів макрофітів та оцінка екологічного стану місцевої водойми за макрофітами
Продуктивність водних екосистем	Визначення трофічного статусу водойми за макрофітами
Біотехнологічний напрям	Дослідження швидкості накопичення біомаси та росту очерету звичайного і рогозу вузьколистого
	Водойма в місті: як зберегти її чистою
	Розроблення плану захисту міської водойми від забруднення за допомогою макрофітів (біоплато)
	Перспективи використання вищих водяних рослин
Структура водної флори	Домінуючі види вищих водяних рослин водойм різних типів та особливості структури їх угруповань
	Фенологічні спостереження за окремими видами вищих водяних рослин
	Сезонна характеристика вищих водяних рослин певної водойми
Функціонування макрофітів у водній екосистемі	Формування якості води у заростях вищих водяних рослин різних екологічних груп
	Визначення ролі різних екологічних груп макрофітів у екосистемі водойми

Макробезхребетні	
Оцінка екологічного стану водних об'єктів	Оцінка екологічного стану певної водойми з використанням методу штучних субстратів
Розроблення методів оцінки екологічного стану водних об'єктів	Вплив параметрів занурених штучних субстратів на їх заселення макробезхребетними
Функціонування гідробіонтів в умовах змін клімату	Вплив підвищеної температури води на розвиток гідробіонтів
Дослідження організаційної структури популяцій молюсків	Розмірно-вагові характеристики молюсків, що населяють певні водойми (біотопи)
Зміни організаційної структури популяцій за дії чинників зовнішнього середовища	Вплив певного чинника (температура, проточність, хімічний склад води, характер субстрату) на популяції певного виду молюска
	Фауна та екологія бабок певної місцевості у сезонному аспекті
Біологія розвитку риб	
З'ясування умов та чинників, які сприяють підвищенню життєздатності ікри та продуктивності риб	Вплив світлового чинника на життєздатність ікри риб, що розвивається
	Вплив світлового чинника на темпи росту і живлення личинок риб
	Вплив температури водного середовища на життєздатність ікри риб
	Вплив температури водного середовища на характер живлення і темпи росту личинок риб
З'ясування шкідливого антропогенного впливу на риб та розроблення засобів протидії або запобігання їх дії	Вплив іонів міді на життєздатність ікри риб
	Вплив іонів цинку на життєздатність ікри риб
Біотестування та оцінка якості води	
Біотестування	Оцінка якості природної води за допомогою рослинних біотестів (<i>Lemna minor</i> – ряска мала, <i>Lactuca sativa</i> – салат посівний, <i>Allium cepa</i> – цибуля звичайна)
	Порівняння чутливості різних рослинних біотестів
	Оцінка токсичності донних відкладів за допомогою біотестування водних витяжок
	Пошук перспективних тест-організмів для оцінки якості донних відкладів
	Оцінка стану ґрунтів (водних витяжок) методами біотестування

	Порівняння якості поверхневого та придонного шару води за допомогою біотестів
Фізико-хімічні методи оцінки якості води	Оцінка якості природної води шляхом визначення швидкості руху протоплазми у клітинах макролітів
	Оцінка якості води за її фізичними властивостями (температура, запах, мутність, кольоровість, сухий залишок тощо)
	Оцінка якості води за гідрохімічними показниками (рН, розчинений у воді кисень, амонійний азот, нітрати, нітроти, фосфати тощо)

7. Вибір літературних джерел

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ РОБОТИ З УЧНЯМИ

1. *Алфимов В. Н.* Творческая личность старшеклассника: модель и развитие / *В. Н. Алфимов, Н. Е. Артемов, Г. В. Тимошенко.* – Киев – Донецк, 1993. – 64 с.
2. *Артемчик Г.* Методика організації науково-дослідницької роботи : навчальний посібник / *Г. Артемчик, В. Курил, М. Кочерга.* – К. : Форум, 2000. – 271 с.
3. *Бердута М. З.* Методичні рекомендації організаторам науково-дослідницької роботи з учнями – членами МАН / *М. З. Бердута, С. О. Голіков, Н. С. Огурцова.* – Харків, 2006. – 52 с.
4. *Білуха М. Т.* Основи наукових досліджень : підручник / *М. Т. Білуха.* – К. : Вища шк., 1997. – 271 с.
5. *Бухлова Н. В.* Організація самоосвітньої діяльності учнів / *Н. В. Бухлова.* – Харків : Вид. група «Основа», 2003. – 64 с.
6. *Васильєва С. О.* Підготовка учнів до науково-дослідної діяльності / *С. О. Васильєва* // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : Зб. наук. праць. – Вип. 20. – Харків : Харківська державна академія дизайну і мистецтв, 2002. – С. 45–50.
7. *Вернидуб Р. М.* Організація науково-дослідної роботи учнів : методичний посібник / *Р. М. Вернидуб, Ю. І. Завалевський, Ж. Г. Петрова.* – Тернопіль : Мандрівець, 2010. – 369 с.
8. *Видра О. Г.* Вікова та педагогічна психологія : навч. посіб. / *О. Г. Видра.* – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 112 с.
9. Вікова психологія / За ред. *Г. С. Костюка.* – К. : Рад. школа, 1976. – 272 с.
10. Вікова та педагогічна психологія : навч. посіб. / [*О. В. Скрипченко, Л. В. Долинська, З. В. Огороднійчук та ін.*] – К. : Просвіта, 2001. – 416 с.
11. Вікова фізіологія з основами шкільної гігієни : підручник / [*І. П. Аносов, В. Х. Хоматов, Н. Г. Сидоряк, Т. І. Станішевська, Л. В. Антоновська*]. – Мелітополь : ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. – 367 с.
12. *Гамезо М. В.* Возрастная и педагогическая психология : учебное пособие / *М. В. Гамезо, Е. А. Петрова, Л. М. Орлова.* – М., 2003. – 512 с.
13. *Дзундза А. І.* До проблеми організації науково-дослідної діяльності учнів у сучасній школі / *А. І. Дзундза, В. О. Цанов* // Дидактика математики : проблеми і дослідження. Міжнародний збірник. – 2007. – № 27. – С. 85–88.
14. *Жилина Е. В.* Организация научно-исследовательской деятельности учащихся по экологии [Електронний ресурс] / *Е. В. Жилина* // Фестиваль педагогических идей «Открытый урок». – Режим доступа : <http://festival.1september.ru/articles/412353>.

15. Закон України від 21.02.2006 р. № 3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження» // Відомості Верховної Ради України. – 2006. – № 27. – С. 230.
16. *Зилов Е. А.* Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем) : учеб. пособие / *Е. А. Зилов.* – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. – 147 с.
17. *Ивочкина Т.* Организация научно-исследовательской деятельности учащихся / *Т. Ивочкина* // Народное образование. – 2000. – № 3.
18. Информационный Интернет-портал нового поколения для обеспечения исследовательской деятельности учащихся в условиях современного развития общества [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.abitu.ru/researcher/about.html>.
19. *Кисельов М. М.* Понятійний апарат та закони сучасної екології / *М. М. Кисельов.* – К. : ПАРАПАН, 2008. – 184 с.
20. *Ковбасенко Л. І.* Пріоритетні ідеї навчально-виховного процесу в Малій академії наук України // Соціально-педагогічні основи діяльності позашкільних закладів у сучасних умовах : науково-методичний посібник / [А. Й. Сиротенко, Г. П. Пустовіт, В. В. Мачуський та ін.]. – К. : Грамота, 2005. – С. 54–64.
21. *Копаладзе Р. А.* Методы эвтаназии экспериментальных животных – этика, эстетика, безопасность персонала / *Р. А. Копаладзе* // Успехи физиол. наук. – 2000. – Т. 31, № 3. – С. 79–90.
22. *Ловьянова И. В.* К проблеме учета индивидуально-психологических и возрастных особенностей в вопросах организации научно-исследовательской деятельности старших школьников / *И. В. Ловьянова, А. В. Шамне* // Методика организации научной работы с молодежью. – К. : ЕУФІМБ, 2001. – С. 130–136.
23. *Лозовая В.* Формирование познавательной активности школьников / *В. Лозовая, Е. Камышанченко.* – Белгород : БГУ, 2000. – 232 с.
24. *Лопатин П. В.* Биоэтика : учебник / *П. В. Лопатин, О. В. Карташова* ; под ред. *П. В. Лопатина.* – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 272 с.
25. *Лукашевич В. К.* Основы методологии научных исследований : Учеб. пособ. / *В. К. Лукашевич.* – Мн. : ООО «Элайда», 2001. – 104 с.
26. МАН : підготовка науково-дослідницьких проєктів / упоряд. *М. Голубенко.* – К. : Вид. дім «Шкільний світ», 2005. – 128 с.
27. Международные этические правила для биомедицинских исследований: материалы семинара. Санкт-Петербург, 25–26 мая 1999. – СПб., 2000. – 235 с.
28. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / [О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дяченко та ін.]; за ред. *В. Д. Романенка.* – К. : Логос, 2006. – 408 с.
29. Методичні рекомендації щодо підготовки науково-дослідницьких робіт учнями – членами МАН (для наукових та педагогічних керівників) / Національний еколого-натуралістичний центр учнівської молоді. – К., 2009. – 35 с.

30. Методичні рекомендації юному науковцю МАН щодо написання науково-дослідницьких робіт учнів – членів Рівненської Малої академії наук учнівської молоді / відп. *О. А. Андреев*, укл. *О. В. Сульжик*, *О. О. Мазур*. – Рівне : РМАНУМ, 2007. – 32 с.
31. *Микитюк О. М.* Наукові дослідження школярів : навч.-метод. посібник / [*О. М. Микитюк*, *В. О. Соловйов*, *С. О. Васильєва*] ; за ред. *І. Ф. Прокопенка*. – Харків : Скорпіон, 2003. – 80 с.
32. Науково-дослідна робота в закладах освіти : метод. посібник / укл. *Ю. О. Туранов*, *В. І. Уруський*. – Тернопіль : АСТОН, 2001. – 140 с.
33. Основи наукових досліджень : навчальний посібник / [*В. С. Марцин*, *Н. Г. Міценко*, *О. А. Даниленко* та ін.]. – Л. : Ромус-Поліграф, 2002. – 128 с.
34. *Печников А. С.* Методические указания по сбору и обработке ихтиологического материала в малых озерах / *А. С. Печников*, *И. И. Терешенков*. – Л. : Промрыбвод, 1986. – 65 с.
35. Поради юному науковцю : методичний посібник / [упорядник *О. Павленко*]. – К. : Арій, 2003. – 82 с.
36. *Сточик А. М.* Новая программа преподавания курса биоэтики / *А. М. Сточик*, *Я. М. Яровинский* // *Медицинская помощь*. – 2006. – № 4. – С. 43.
37. Строим вместе Европу на основе верховенства закона [Електронний ресурс] / Совет Европы. – 2006. – 100 с. – Режим доступу: <http://www.coe.int./legal>.
38. *Цехмістрова Г. С.* Основи наукових досліджень : Навчальний посібник / *Г. С. Цехмістрова*. – К. : Видавничий Дім «Слово», 2003. – 240 с.
39. *Шейко В. М.* Організація та методика науково-дослідницької діяльності : підручник / *В. М. Шейко*, *Н. М. Кушнарєнко*. – 3-тє вид. – К. : Знання-Прес, 2003. – 310 с.
40. *Эльконин Д. Б.* Возрастные возможности усвоения знаний / *Д. Б. Эльконин*, *В. В. Давыдов*. – М. : Педагогика, 1969.
41. *Яблонська О. В.* Використання лабораторних тварин у експериментах : методичні вказівки / *О. В. Яблонська*. – К. : Вид. центр НАУ, 2007. – С. 3–16.
42. *Ягенська Г.* Співпраця вчителя та учнів у науково-дослідницькій роботі з біології / *Г. Ягенська* // *Біологія та хімія в школі*. – 2004. – № 4. – С. 10–13.
43. Як підготувати і захистити дисертацію на здобуття наукового ступеня. Методичні поради / автор-упорядник *Л. А. Пономаренко*. – К. : Редакція «Бюлетеня ВАК України» ; вид-во «Толока», 2001. – 80 с.
44. *Broun L. A.* Anesthesia in fish / *L. A. Broun* // *Veterinary Clinics of North America: small animal practice*. – 1988. – Vol. 18, № 3. – P. 317–330.
45. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. – Council of Europe, Strasbourg, 1986.
46. FELASA Working Group Report recommendation for euthanasia of experimental animals // *Laboratory Animals*. – 1997. – Vol. 31. – P. 1–32.

47. FELASA Working Group Report recommendation for euthanasia of experimental animals // *Laboratory Animals*. – 1996.– Vol. 30. – P. 293–317.
48. *Lake Biwa and its Environment*. Subtextbook for Environmental Education. English Version Edited by International Lake Environment Committee. – 102 p.
49. *Protocol of Amendment to the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes*, Strasbourg, 22 June 1998.
50. *Stoskopf M. Anesthesia and restraint of laboratory fish / M. Stoskopf, L. Posner / Anesthesia and analgesia in laboratory animals / [Ed. R. E. Fish, M. J. Brown, P. J. Danneman, A. Z. Karas]*. – London : Elsevier, 2008. – Ch. 21. – P. 519–534.

Рекомендації щодо літературних джерел із певних напрямів досліджень

Водорості

1. *Боговик І. В.* Нижчі рослини : лабораторні заняття : учб. посіб. / *І. В. Боговик.* – Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1963. – 166 с.
2. *Барінова С. С.* Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды / *С. С. Барінова, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова.* – Тель-Авив : PiliesStudio, 2006. – 498 с.
3. Водоросли. Справочник / *С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. П. Масюк* и др. – К. : Наук. думка, 1989. – 608 с.
4. *Коваленко О. В.* Хроококові водорості – Chroococcosporhyseae (Визн. прісновод. водор. Української РСР. – Вип. I, ч. 1) / *О. В. Коваленко.* – К. : Наук. думка, 1984. – С. 119–272.
5. Практикум по систематике низших растений. Водоросли / *О. П. Оксіюк, А. В. Топачевский.* – К. : Радянська школа, 1963. – 132 с.
6. Разнообразие водорослей Украины / *Е. В. Борисова, Л. Н. Бухтиярова, С. П. Вассер* и др. ; под ред. *С. П. Вассера, П. М. Царенко* // Альгология. – 2000. – Т. 10, № 4. – 309 с.
7. *Топачевский О. В.* Пресноводные водоросли Украинской ССР / *О. В. Топачевский, Н. П. Масюк.* – К. : Вища школа, 1984. – 333 с.
8. *Топачевський О. В.* Діатомові водорості / *О. В. Топачевський, О. П. Оксіюк.* – Bacillariophyta (Diatomeae). – К. : Вид-во АН УРСР, 1960. – 412 с.
9. *Царенко П. М.* Краткий определитель хлорококковых водорослей Укр. ССР / *П. М. Царенко.* – К. : Наук. думка, 1990. – 208 с.
10. *Царенко П. М.* Дополнение к «Разнообразию водорослей Украины» / *П. М. Царенко, О. А. Петлёванный.* – К. : Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного НАНУ, 2001. – 130 с.

Екологічна фізіологія водоростей

1. *Андреюк Е. И.* Цианобактерии / *Е. И. Андреюк, Ж. П. Коптева, В. В. Занина.* – К. : Наук. думка, 1990. – 197 с.
2. *Судьина Е. Г.* Биохимия синезеленых водорослей / *Е. Г. Судьина, Е. К. Шнюкова, Н. В. Костлан* и др. – К. : Наук. думка, 1978. – 264 с.
3. *Брагинский Л. П.* Пресноводный планктон в токсической среде / *Л. П. Брагинский, И. М. Величко, Э. П. Щербань.* – К. : Наук. думка, 1987. – 179 с.
4. *Бульон В. В.* Первичная продукция планктона внутренних водоёмов / *В. В. Бульон.* – Л. : Наука, 1983. – 150 с.
5. *Гусев М. В.* Цианобактерии / *М. В. Гусев, К. А. Никитина.* – М. : Наука, 1979. – 227 с.
6. *Кирпенко Ю. А.* Токсины синезеленых водорослей и организм животного / *Ю. А. Кирпенко, Л. А. Сиренко, В. М. Орловский, Л. Ф. Лукина.* – К. : Наук. думка, 1977. – 252 с.

7. Культивирование коллекционных штаммов водорослей / Ред. Б. В. Громов. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1983. – 150 с.
8. Масюк Н. П. Фотодвижение клеток *Dunaliella* Teod. (Dunaliellales, Chlorophyceae, Viridiplantae) / Н. П. Масюк, Ю. И. Посудин, Г. Г. Липницкая. – К. : Академперіодика, 2007. – 265 с.
9. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / Л. А. Сиренко, А. И. Сакевич, Л. Ф. Осипов и др. – К. : Наук. думка, 1975. – 247 с.
10. Минеева Н. М. Растительные пигменты в воде волжских водохранилищ / Н. М. Минеева. – М. : Наука, 2004. – 155 с.
11. Михеева Т. М. Сукцессии видов в фитопланктоне / Т. М. Михеева. – Минск : БГУ, 1983. – 70 с.
12. Мусієнко М. М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М. М. Мусієнко, Т. В. Паршикова, П. С. Славний. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 114 с.
13. Паршикова Т. В. Поверхнево-активні речовини як фактор регуляції розвитку водоростей / Т. В. Паршикова. – К. : Фітосоціоцентр, 2004. – 276 с.
14. Золотарьова О. К. Перспективи використання мікрводоростей у біотехнології / О. К. Золотарьова, Є. І. Шнюкова, О. О. Сиваш, Н. Ф. Михайленко ; під ред. О. К. Золотарьової. – К. : Альтерпрес, 2008. – 233 с.
15. Перт С. Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток / С. Дж. Перт – М. : Мир, 1978. – 331 с.
16. Сиренко Л. А. Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ / Л. А. Сиренко, И. Л. Корелякова, Л. Е. Михайленко и др. – К. : Наук. думка, 1989. – 232 с.
17. Сакевич О. Й. Алелопатія в гідроекосистемах / О. Й. Сакевич, О. М. Усенко. – К. : Логос, 2008. – 342 с.
18. Сакевич О. Й. Біохімічний аналіз водяних рослин / О. Й. Сакевич, О. М. Усенко, О. В. Баланда. – К. : Логос, 2009. – 372 с.
19. Саут Р. Основы альгологии : пер. с англ. / Р. Саут, А. Уиттик. – М. : Мир, 1990. – 589 с.
20. Сиренко Л. А. Физиологические основы размножения синезелёных водорослей в водохранилищах / Л. А. Сиренко – К. : Наук. думка, 1972. – 204 с.
21. Сиренко Л. А. «Цветение» воды и эвтрофирование / Л. А. Сиренко, М. Я. Гавриленко. – К. : Наук. думка, 1978. – 232 с.
22. Сиренко Л. А. Биологически активные вещества водорослей и качество воды / Л. А. Сиренко, В. Н. Козицкая. – К. : Наук. думка, 1988. – 256 с.
23. Сиренко Л. А. Определение содержания хлорофилла в планктоне пресных водоемов. – Л. А. Сиренко, А. В. Курейшевич. – К. : Наук. думка, 1982. – 50 с.
24. Трифонова И. С. Экология и сукцессии озёрного фитопланктона / И. С. Трифонова – Л. : Наука, 1990. – 179 с.
25. Фёдоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности / Фёдоров В. Д. – М. : Изд-во МГУ, 1979. – 186 с.
26. Физиология растительных организмов и роль металлов / под ред.

Н. М. Чернавской. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1989. – 157 с.

27. Экологическая физиология морских планктонных водорослей (в условиях культур) / ред. *К. М. Хайлов.* – К. : Наук. думка, 1971. – 205 с.

28. *Хайлов К. М.* Экологический метаболизм в море / *К. М. Хайлов.* – К. : Наук. думка, 1971. – 252 с.

29. *Корнева Л. Г.* Экология фитопланктона Рыбинского водохранилища / *Л. Г. Корнева, Н. М. Минеева, В. А. Елизарова* и др. – Тольятти : Изд-во Самарск. научн. центра РАН, 1999. – 262 с.

Макрофіти

1. *Белавская А. П.* Водные растения России и сопредельных государств / *А. П. Белавская* – СПб., 1994. – 64 с.

2. Гидрботаника: методология, методы. Материалы Школы по гидрботанике (п. Борок, 8–12 апреля 2003 г.). – Рыбинск : ОАО «Рыбинский Дом Печати», 2003. – 188 с.

3. *Дубина Д. В.* Вища водна рослинність. Рослинність України / *Д. В. Дубина* ; відп. ред. *Ю. Р. Шеляг-Сосонко.* – К. : Фітосоціоцентр, 2006. – 412 с.

4. *Катанская В. М.* Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР / *В. М. Катанская.* – Л. : Наука, 1981. – 187 с.

5. *Кокин К. А.* Экология высших водных растений / *К. А. Кокин.* – М. : МГУ. – 1982. – 158 с.

6. *Кроткевич П. Г.* Роль растений в охране водоемов / *П. Г. Кроткевич* // Знание. – 1982. – № 3. – С. 56–62.

7. *Лепнева С. Г.* Жизнь в озерах (Прибрежные заросли). Жизнь пресных вод СССР. – М., Л., 1950. – Т. 3. – С. 390–422.

8. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды / под ред. *К. М. Сытник.* – К. : Наук. думка, 1993. – 436 с.

9. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод/ [*О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дяченко* та ін.]; за ред. *В. Д. Романенка.* – К. : Логос, 2006. – 408 с.

10. *Морозов Н. В.* Экологическая биотехнология: очистка природных и сточных вод макрофитами / *Морозов Н. В.* – Казань : КГПУ, 2001. – 396 с.

11. *Папченков В. Г.* Основные гидрботанические понятия и сопутствующие им термины / *В. Г. Папченков, А. В. Щербаков, А. Г. Лапиров.* – Рязань : Сервис, 2003. – 21 с.

12. *Романенко В. Д.* Основы гидроэкологии / *В. Д. Романенко.* – К. : Генеза, 2004. – 664 с.

13. *Садчиков А. П.* Практикум по гидробиологии (прибрежно-водная растительность) / *А. П. Садчиков*, под ред. *В. Д. Федорова.* – М. : МАКС Пресс, 2009. – 112 с.

14. *Садчиков А. П.* Экология прибрежно-водной растительности (учебное пособие для студентов вузов) / *А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов.* – М. : Изд-во НИА-Природа, РЭФИА, 2004. – 220 с.

15. *Смиренский А. А.* Водные кормовые и защитные растения в охотничье-промысловых хозяйствах / *А. А. Смиренский.* – М. : Заготиздат, 1950. – Вып. 1. – 135 с.

16. Участь громадськості у збереженні малих річок України : матеріали тренінг-курсу. – К. : Чорноморська Програма Ветландс Інтернешнл, 2005. – 380 с.

Електронні джерела інформації

aquariumistika.ru/flora.php

www.hydrobot.narod.ru/

ibiw.ru/edu/hydr1.htm

forum.vitawater.ru

Макробезхребетні

1. *Афанасьев С. А.* Оценка экологического статуса рек по структуре сообществ макробеспозвоночных в зарослях погруженных макрофитов / *С. А. Афанасьев, А. Е. Усов* // Вісник Одеського національного університету. – 2008. – Т. 13, вип. 16. – С. 145–151.

2. *Афанасьев С. А.* Макробеспозвоночные на экспериментальных субстратах как показатель состояния гидроекосистем в мониторинге трансграничных речных бассейнов / *С. А. Афанасьев, А. Е. Усов* // IV Международный водный форум «Стратегические проблемы охраны и использования водных ресурсов». – Минск, 2010. – С. 208–213.

3. Биологические ритмы : в 2 томах / [Под ред. *Ю. Ашоффа*]. – М. : Мир, 1984. – Т. 1. – С. 12–21.

4. *Горб С. Н.* Бабки (Odonata) України: фауністичний огляд / *С. Н. Горб, Р. С. Павлюк, З. Д. Спуріс* // Вестник зоологии. – 2000. – № 15. – С. 3–155.

5. *Константинов А. С.* Общая гидробиология / *А. С. Константинов.* – М. : Высш. школа, 1979. – 480 с.

6. *Лакин Г. Ф.* Биометрия : [учебн. пособие для биол. спец. вузов] / *Лакин Г. Ф.* – М. : Высш. шк., 1990. – 352 с.

7. *Лукин Е. И.* Пиявки пресных и солоноватых водоемов / *Е. И. Лукин.* – Л. : Наука, 1976. – Т. 1. – (Фауна СССР). – 484 с.

8. Малі річки – дослідження, охорона, відновлення. – К. : Інститут екології, 2003. – 380 с.

9. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / [*О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дяченко та ін.*]; за ред. *В. Д. Романенка.* – К. : Логос, 2006. – 408 с.

10. *Матушкіна Н. О.* Визначник бабок (Odonata) України: личинки та екзувії: [учбовий посібник для студентів біол. спец.] / *Н. О. Матушкіна, Л. А. Хрокало.* – К. : «Фітосоціоцентр», 2002. – 72 с.

11. *Одум Ю.* Основы экологии / *Ю. Одум.* – М. : Мир, 1975. – 740 с.

12. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / [отв. ред. *Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов*]. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 511 с.

13. *Песенко Ю. А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / *Ю. А. Песенко.* – М. : Наука, 1982. – 287 с.
14. *Протасов А. А.* Пресноводный перифитон / *А. А. Протасов.* – К. : Наук. думка, 1994. – 308 с.
15. *Романенко В. Д.* Основы гидроэкологии : [учебн. для студентов высших учебных заведений] / *В. Д. Романенко.* – К. : Генеза, 2004. – 664 с.
16. *Хейсин Е. М.* Краткий определитель пресноводной фауны / *Е. М. Хейсин.* – Л. : Учпедгиз, 1951. – 161 с.
17. *Шарапова Т. А.* Зооперифитон внутренних водоемов Западной Сибири / *Т. А. Шарапова.* – Новосибирск : Наука, 2007. – 167 с.
18. *Шитиков В. К.* Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / *В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко.* – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
19. *Эйноор Л. О.* Макрофиты в экологии водоемов / *Л. О. Эйноор.* – М. : Наука, 1992. – 215 с.

Біологія розвитку риб

1. *Авакян А. Б.* Водные проблемы: мифы и реальность / *А. Б. Авакян.* – М. : Знание, 1991. – Вып. 9. – 46 с.
2. *Анисимова И. М.* Ихтиология / *И. М. Анисимова, В. В. Лавровский.* – М. : Высшая школа, 1983. – 123 с.
3. *Вайнерт Э.* Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / [*Э. Вайнерт, А. Вальтер, Т. Ветцель и др.*]. – М. : Мир, 1988. – 350 с.
4. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми – СОУ 05.01-37-385 : 2006. – Код УКНД 13.060.25. – Код УКНД 13.060.25. – [Чинний від 2007-11-01]. – К. : 2007. – 14 с. – (Стандарт організацій України).
5. *Голодец Г. Г.* Лабораторный практикум по физиологии рыб / *Г. Г. Голодец.* – М. : Пищепромиздат, 1955. – 92 с.
6. *Грищенко Л. И.* Болезни рыб и основы рыбоводства / *Л. И. Грищенко, М. Ш. Акбаев, Г. В. Васильков.* – М. : Колос, 1999. – 464 с.
7. *Кирпичников В. С.* Генетика и селекция рыб / *В. С. Кирпичников.* – Л. : Наука, 1987. – 518 с.
8. *Лав Р. М.* Химическая биология рыб / *Р. М. Лав.* – М. : Пищевая пром-сть, 1976. – 187 с.
9. *Лукьяненко В. И.* Общая ихтиотоксикология / *В. И. Лукьяненко.* – М. : Легк. и пищ. пром-сть, 1983. – 320 с.
10. *Лукьяненко В. И.* Экологические аспекты ихтиотоксикологии / *В. И. Лукьяненко.* – М. : Агропромиздат, 1987. – 239 с.
11. *Макеева А. П.* Эмбриология рыб / *А. П. Макеева.* – М. : МГУ, 1992. – 216 с.
12. *Метелев В. В.* Водная токсикология / *В. В. Метелев, А. И. Канаев, Н. Г. Дзасохова.* – М. : Колос, 1971. – 247 с.
13. Методы биологии развития. Экспериментально-эмбриологические, молекулярно-биологические и цитологические / *Н. Б. Абрамова [и др.] ; ред. :*

Т. А. Детлаф, В. Я. Бродский, Г. Г. Гаузе, Б. Л. Астауров. – М. : Наука, 1974. – 619 с.

14. *Никольский В. Г.* Экология рыб / *В. Г. Никольский.* – М. : Высшая школа, 1974. – 367 с.

15. *Правдин И. Ф.* Руководство по изучению рыб / *И. Ф. Правдин.* – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 378 с.

16. *Россолимо Л. М.* Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора / *Л. М. Россолимо.* – М. : Наука, 1977. – 144 с.

17. Рыбы СССР / Под ред. *Г. В. Никольского и В. А. Григораиш.* – М. : Мысль, 1969. – 447 с.

18. *Сорвачев К. Ф.* Основы биохимии питания рыб / *К. Ф. Сорвачев.* – М. : Легк. и пищ. пром-сть, 1982. – 247 с.

19. Справочник по физиологии рыб / [*А. А. Яржомбек, В. В. Лиманский, Т. В. Щербина и др.*]. – М. : Агропромиздат, 1986. – 192 с.

20. Фауна Украины. – Т. 8 : Рыбы. – Вып. 1–5. – К. : Наук. думка, 1980–1988.

21. *Шерман І. М.* Розведення і селекція риб / *І. М. Шерман, М. В. Гринжевський, І. І. Грициняк.* – К. : БМТ, 1999. – 238 с.

22. Элементы физиологии и биохимии общего и активного обмена у рыб / Под ред. *Г. Е. Шульмана.* – К. : Наукова думка, 1978. – 204 с.

Адреси електронних наукових джерел:

<http://zoomet.ru/> – електронна біологічна бібліотека.

<http://rheos.org.ru/> – клуб водной экологии «Бентос» на кафедре гидробиологии биологического факультета МГУ.

<http://www.abitu.ru/researcher/about.html> – информационный Интернет-портал нового поколения для обеспечения исследовательской деятельности учащихся в условиях современного развития общества.

<http://www.aquafish-books.narod.ru> – книги по аквариумистике.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Особливості вибору теми науково-дослідницької роботи.....	5
2. Початковий понятійний апарат досліджень.....	10
3. Методологічний інструментарій учнівських науково-дослідницьких робіт.....	18
4. Щодо визначення понять «актуальність» і «новизна» учнівської роботи.....	33
5. Врахування вікових особливостей та пізнавальних можливостей учнів під час виконання науково-дослідницької роботи.....	35
6. Орієнтовні теми науково-дослідницьких робіт для учнів секції «Екологія» наукового відділення екології та аграрних наук Малої академії наук України.....	37
7. Вибір літературних джерел.....	41

Методичний посібник

Методичні рекомендації щодо організації науково-дослідницької діяльності учнів у відділенні екології та аграрних наук Малої академії наук України

Формат 60x84 1/16. Друк цифровий.
Папір офсетний 80 г/м².
Наклад 500 прим.

Видавництво: ТОВ «Праймдрук»
01023, м. Київ, вул. Еспланадна, 20, офіс 213
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
серія ДК № 4222 від 07.12.2011.