Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Н. А. Сербулова,
Г. В. Нєпєіна

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичних робіт з дисципліни «Гідрологія та гідробіологія» галузі знань 10 «Природничі науки» спеціальності 101 «Екологія» освітньої програми «Екологія»

Методичні вказівки

Випуск 339

ЧНУ
ВИДАВНИЦТВО

Миколаїв – 2021

УДК 551.579+5745/.6(076)
С 32

Рекомендовано до друку вченою радою Чорноморського національного університету імені Петра Могили (протокол № 9 від 28 травня 2020 р.).

Рецензенти:
Тимченко І. В., кандидат технічних наук, доцент кафедри екологічної хімії Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв;
Безсонов Є. М., кандидат технічних наук, старший викладач кафедри екології Чорноморського національного університету, м. Миколаїв.

С 32 **Сербулова Н. А.** Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Гідрологія та гідробіологія». Галузі знань 10 «Природничі науки», спеціальності 101 «Екологія», освітньої програми «Екологія» : методичні вказівки / Н. А. Сербулова, Г. В. Нєпєіна. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. – 68 с. – (Методична серія ; вип. 339).

У методичних вказівках до виконання практичних робіт з дисципліни «Гідрологія та гідробіологія» приведено теоретичні відомості з основ гідрології, гідробіології, гідрохімії та охорони і комплексного використання водних ресурсів; розкрито закономірності екологічних процесів у гідросфері в інтересах її освоєння; наведено практичні рекомендації зі спеціальних гідрологічних побудов, які базуються на елементах наукового дослідження; надано оцінку екологічних наслідків зарегулювання, перерозподілу стоку річок, антропогенної зміни гідрологічного режиму озер і річок тощо.

Методичні вказівки розроблено у відповідності до робочої програми навчальної дисципліни «Гідрологія та гідробіологія» та призначено для підготовки здобувачів освіти за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти за спеціальністю 101 «Екологія».

УДК 551.579+574.5/.6(076)

© Сербулова Н. А., Нєпєіна Г. В., 2021
© ЧНУ ім. Петра Могили, 2021

ISSN 1811-492X

ЗМІСТ

Вступ 4

Практична робота № 1. Виділення меж річкового басейну та визначення його географічного положення. Визначення порядкового номера допливів головної річки 6

Практична робота № 2. Визначення морфометричних характеристик басейну 13

Практична робота № 3. Кількісна оцінка антропогенного навантаження на річковий басейн за топографічною картою 24

Практична робота № 4. Аналіз поперечного перерізу річки 30

Практична робота № 5. Вивчення роду *Algae* 34

Практична робота № 6. Життєві форми гідробіонтів 42

Практична робота № 7. Ставкова аквакультура та розрахунок рибної продукції 50

Практична робота № 8. Визначення ступеня забрудненості прісноводної водойми 57

ВСТУП

Дослідження останніх років показують, що на сьогодні залежність економіки держави і умов розвитку суспільства від водних ресурсів постійно зростає, оскільки збільшуються її потреби і підвищуються вимоги до її якості. Проблема водозабезпечення наразі стає однією з найактуальніших. Значна роль у її розв'язанні належить гідрології та гідробіології, що вивчають водні ресурси, їх продуктивність, обґрунтовують заходи щодо раціонального використання й охорони природних вод.

Гідрологія – це фундаментальна наука, яка вивчає гідросферу, її властивості, процеси і явища, що відбуваються в ній, у взаємозв'язку з атмосферою, літосферою та біосферою. Основні поняття науки склалися і вдосконалювалися протягом тривалого часу. З появою новітніх методик та технологій дослідження об'єктів, утворюються нові концепції, які потребують постійного перегляду та оновлення програми її вивчення.

Водночас гідробіологічні знання для студентів-екологів важливі тому, що вони показують взаємозв'язок та взаємодію мешканців вод (гідробіонтів), їх популяцій і сукупностей (біоценозів) між собою та з неживою природою. Гідробіологія показує єдність гідробіоценозів з навколишнім середовищем. Ці знання студенти можуть використовувати у процесі подальшого навчання.

Метою курсу «Гідрологія та гідробіологія» є ознайомлення студентів-екологів із системою основних наукових знань та методів дослідження в області гідрології; опанування студентами законів і наслідків взаємовідносин людини і гідросфери, охорони та комплексного раціонального використання водного середовища; ознайомлення студентів зі структурою гідробіології як науки, показ взаємозв'язків органічного життя на Землі з життям в гідросфері, висвітлення досягнень та проблем гідробіології. Такі знання дозволять більш чітко бачити перспективи раціонального використання ресурсів Світового океану та континентальних водойм, підвищити їх продуктивність та раціональне рекреаційне використання, дати обґрунтування удосконаленню та розширенню аквакультури, оптимізувати риболовецьку діяльність, вирішити екологічні проблеми чистої води та збереження водних екосистем.

Основними **об'єктами** вивчення курсу «Гідрологія та гідробіологія» є річки, їх характеристики та особливості формування на певних

територіях, а також Світовий океан та континентальні водойми: населення, умови існування, раціональне використання та охорона.

Можна виділити наступні **завдання** курсу:

– розкриття понять, закономірностей, елементів динаміки природних вод, їх якісного складу;

– вивчення екологічних процесів у гідросфері в інтересах її освоєння, під час яких користь від екосистем була б максимальною, а шкода – мінімальною;

– надбання студентами теоретичних знань з основ гідрології, гідрохімії та охорони і комплексного використання водних ресурсів;

– надбання студентами практичних навичок спеціальних гідрологічних побудов, які базуються на елементах наукового дослідження;

– розкриття основних уявлень щодо методів контролю за забрудненням гідросфери та різноманітних заходів з покращення реальної екологічної ситуації на водотоках та водоймищах;

– забезпечення людини інформацією для моделювання і прогнозування біологічних процесів у Світовому океані та континентальних водоймах для розробки заходів збереження здатності гідросфери до саморегуляції та самовідновлення;

– розробка біологічних основ забезпечення людей чистою водою;

– підвищення біологічної продуктивності водойм;

– експертна оцінка екологічних наслідків зарегулювання, перерозподілу стоку річок, антропогенної зміни гідрологічного режиму озер і морів, оцінка відновлених промислових, сільськогосподарських та інших підприємств для водних екосистем.

Практична робота № 1.
ВИДІЛЕННЯ МЕЖ РІЧКОВОГО БАСЕЙНУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ГЕОГРАФІЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ. ВИЗНАЧЕННЯ ПОРЯДКОВОГО НОМЕРА ДОПЛИВІВ ГОЛОВНОЇ РІЧКИ

Вихідні положення

Процеси формування річкового, твердого, хімічного стоку, часові особливості гідрологічного режиму річки, можливості та необхідність проєктування безлічі складних та достатньо надійних гідротехнічних споруд уздовж русел та заплав, розрахунки водопостачання, визначення гідроекологічних можливостей потоку, специфіка рекреаційних умов річкових ділянок, особливості можливостей формування та розвитку селітебних систем значною мірою визначаються географічним положення та гідрографічними властивостями річкових басейнів або їх окремих ділянок.

Тому більшість нормативних стандартів, пов'язаних із оцінкою водних ресурсів та експлуатацією водних мереж, вміщують у методичні ланцюги певних детермінованих або статистичних моделей як обов'язкові або навіть провідні показники виключно морфологічні, гідрографічні та так звані регіональні характеристики річкових басейнів. Окрім того, гідрографічні показники узагальнюють певні інтегральні комплексні показники, які надалі виступатимуть у розрахунках як комплексні гідрографічні параметри.

Більш того, певним напрямом сучасних гідрологічних, гідроекологічних або ж водно-ресурсних досліджень є визначення відповідних кореляційних зв'язків між морфометричними ознаками річкового басейну та показниками річкового стоку (норми, максимального, мінімального); між гідрографічними характеристиками та гідроекологічною здатністю потоку до самоочищення; між ландшафтно-гідрологічними особливостями басейну та його водно-ресурсним потенціалом.

Вивченням та описом форм водних об'єктів або їх окремих елементів займаються науки гідрографія та гідроморфологія.

Гідрографія – розділ гідрології суші, основним завданням якої є вивчення та опис конкретних водних об'єктів із якісними та кількісними характеристиками їх розміщення, розміру, режиму та місцевих умов існування. Важливим завданням гідрографії вважають виявлення

закономірностей географічного поширення водних об'єктів на земній кулі чи в окремих природних зонах, визначення особливостей їх морфології, режиму, господарського значення в окремих ландшафтних та природно історичних утвореннях або в певних адміністративних районах.

Гідроморфологія являє собою окремий напрям річкової гідрології, що поєднує в собі знання річкових гідродинаміки та гідравліки, геоморфології, руслознавства, елементів геології тощо. Займається вивченням рельєфу дна та берегів водотоків Землі.

Річка – це водний потік значних розмірів, що має чітко виражене русло, живиться атмосферними опадами (так званий поверхневий стік) і запасами відповідних горизонтів підземних вод сточища. Кількість горизонтів, що беруть участь у формуванні річкового потоку, залежить від висоти розташування та здатності потоку дренувати відповідні водоносні шари.

За характером рельєфу та гідрологічним режимом річки поділяють на:

– **рівнинні** – ті, що протікають рівнинами і низинами із висотами до 300–500 м;

– **гірські** – ті, що протікають через хребти та нагір'я з висотами більш ніж 300–500 м.

Проте коли гідрологічний режим і режим транспорту наносів формується в гірській частині водозборів, ефект гірського типу річки зберігається на значній частині рівнинної території русла.

Система річок і постійних чи періодично існуючих водотоків, боліт, ставків, озер певної території утворює **гідрографічну мережу** цієї території. Очевидно, що первинним елементом (базисом мережі), головною віссю є основна річка басейну. Доповнюючими, проте не менш важливими елементами басейнової мережі є такі складові:

– **первинний схил** – умовно рівна, проте нахилена поверхня з відсутністю явних повздовжніх заглибин;

– **видолинок** – верхня ланка гідрографічної мережі, що являє собою слабо виражену западину з пологими задернованими схилами та рівним нахиленим дном;

– **лощина** – відрізняється від видолинка більшою глибиною врізання, висотою та крутістю схилів. Часто – це колишній яр зі згаслим процесом ерозії;

– **яр** – переддолинна ланка гідрографічної мережі, для якої характерна певна крутизна й асиметрія схилів та наявність звивистого русла та суттєво помітної схилової та повздовжньої ерозії. Під час

опадів чи сніготанення існує яскраво виражений тимчасовий поверхневий водотік;

– **струмок** – потічок, що утворюється виклинюванням певних підземних водних горизонтів, наприклад, у процесі розвитку ярів;

– **русло річки** – природний канал, що транспортує воду, тверді речовини, хімічні елементи безперервно. Відрізняється характерною виробленою енергією води, формою поперечного перерізу.

Усі річки мають власні чітко виражені межі басейну. **Річковий басейн** або **сточище** є частиною земної поверхні, включаючи ґрунтову товщу, з якої відбувається стік води в окрему річку чи річкову систему. Басейн кожної річки (озера) включає в себе, як мінімум, поверхневий та підземний водозбори.

Поверхневий водозбір – це ділянка земної поверхні, з якої вода надходить у річкову систему чи окрему річку. **Підземний водозбір** – товщі ґрунтів, з яких вода надходить у річкову сітку. У загальному випадку поверхневий і підземний водозбори не збігаються. Проте унаслідок значних складностей у визначенні межі підземного водозбору зазвичай під час розрахунків та аналізу явищ стоку величиною та контуром басейну річки вважають тільки поверхневий водозбір і тому не роблять суттєвої різниці між термінами «річковий басейн» та «річковий водозбір». Помилки, які виникають у результаті умовного узагальнення розмірів басейну і поверхневого водозбору, можуть бути значними тільки для малих річок, а також для більших річок, що протікають у специфічних геологічних умовах, які забезпечують добрий водообмін між сусідніми басейнами (наприклад, карст).

Межа, що відділяє басейн річки від іншого, називається **вододілом**. Вододіл зазвичай проводять через вершини височин, розташованих на стиках двох суміжних басейнів.

На розвиток і процес існування річкового басейну впливає багато чинників. Це, насамперед, **кліматичні умови** – кількість, інтенсивність та розподіл атмосферних опадів протягом року, потужність снігового покриву й запаси води у ньому, випаровування, температура та вологість повітряних мас, напрям вітру тощо. Вони відіграють важливу роль у водопостачанні річок та формуванні їхнього стоку.

Геологічні умови та **ґрунтовий покрив** досліджуваної території визначають характер дна річкового русла та розмір підземного живлення річок, появу заболочених чи посушливих територій, втрати опадів на фільтрацію. **Рельєф басейну** та **рослинність** (особливо ліси) суттєво впливають на водність річок і характер режиму.

Проте найбільш вагомим і, в більшості випадків, негативним чинником впливу на навколишнє середовище, а отже й на досліджувані річкові басейни, є господарська діяльність людини (**антропогенний фактор**).

Для більш детального вивчення та характеристики природних умов розміщення басейну використовують **географічний опис положення басейну**. Загальноприйнята така послідовність оцінки географічного положення басейну річки:

а) визначення географічних координат крайніх точок, які вказують на широтне та довготне розташування басейну;

б) положення відносно басейнів інших річок, гірських хребтів;

в) віддаленість від морів, пустель та інших географічних об'єктів;

г) визначення максимальних та мінімальних абсолютних висот досліджуваного річкового басейну;

ґ) опис та характеристика природних зон, на території яких розміщується басейн;

д) урбанізованість у межах басейну;

е) ступінь господарського перетворення.

Значна протяжність басейну в широтному напрямі та різниці висот визначають неоднорідність кліматичних і гідрологічних його умов.

Важливо також зазначити, у якій *гідрологічній зоні* знаходиться басейн, і зробити невеликий опис характерних особливостей цієї зони.

Вода, що попадає на поверхню Землі у вигляді опадів, збирається в пониженнях рельєфу разом із підземними водотоками, які виходять на поверхню, та стікають під дією сили тяжіння, утворюючи поверхневі водотоки. Спочатку це тільки окремі струмочки, потім – потоки, які, поступово з'єднуючись, формують річки. Вони об'єднуються з іншими водними потоками, тим самим поступово збільшуючись, згодом впадають в озеро чи море вже головною річкою.

Проте трактування головної річки може бути і в межах приток будь-якого порядку, якщо розглядаються індивідуальні гідрологічні чи гідроекологічні задачі, в межах окремих чи навіть часткових басейнів. Річки, які впадають у головну річку, називають її **притоками (допливами)**.

Існує декілька схем визначення порядкового номера допливів головної річки. Більшість із них базується на використанні так званого спадного методу визначення порядкового номера приток: притоки, які безпосередньо впадають у головну річку, називаються **притоками першого порядку**, їх притоки – **притоки другого порядку** тощо.

На наш погляд, найвдалішою (для басейнів річок Українських Карпат, оскільки їх розміри незначні, а річкова мережа досить густа) є схема виділення приток, яка розроблена американським гідрологом Хортоном, так звана висхідна схема: **притоки першого порядку** – це водотоки річкового басейну, що зовсім не мають приток. Під час злиття приток першого порядку утворюється притока другого порядку тощо.

Мета і завдання роботи – дати загальні уявлення про те, що таке річка, річковий басейн, як проводиться опис географічного положення річкового басейну; навчити студентів самостійно окреслювати межі басейну річки, описувати в зошиті географічне положення цього басейну та визначати порядок усіх приток та головної річки за методом Хортона.

Зміст роботи

1. Вибрати довільну річку на карті, так щоб її водозбірний басейн повністю знаходився в межах аркуша карти і вона мала декілька великих приток з окремими назвами.
2. Виділити на карті межі поверхневого водозбору річки.
3. Зробити характеристику географічного положення річкового басейну.
4. Визначити на карті порядковий номер допливів і головної річки за висхідною системою.

Матеріально-технічне забезпечення – топографічна карта, олівець, ручка.

Форма звітності – усний захист роботи.

Рекомендована література та інформаційні джерела

1. Гопченко С. Д., Гушля О. В. Гідрологія суші з основами водних меліорацій : навч. посібник / С. Д. Гопченко, О. В. Гушля. – К. : ІСДО, 1994. – 296 с.
2. Загальна гідрологія / Ю. С. Ющенко та ін. – Чернівці : Зелена Буковина, 2005. – 368 с.
3. Збірник методичних вказівок до контрольних робіт із дисципліни «Загальна гідрологія» для студентів-екологів ІІІ курсу заочної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища» / Л. С. Кресс. – Одеса : ОГМІ, 2001. – 23 с.
4. Коротун Л. М. Практикум з прикладної геоморфології : Навчальний посібник для студентів спеціальності «Землевпорядку-

вання» вищих навчальних закладів України / Л. М. Коротун. – Рівне : Державне редакційно-видавниче підприємство, 1996. – 140 с.

5. Методичні вказівки до практичних занять та програма курсу «Топографія з основами картографії» для студентів спеціальності 7.070801 «Екологія та охорона навколишнього середовища» / Упорядники : А. О. Малютіна, О. М. Заремська, В. Г. Явкін. – Харків : НТУ «ХПГ», 2002. – 34 с.

6. Шуляренко І. П. Екологічні аспекти руслоформування малих річок (аналіз проблеми) // Гідрологія, гідрохімія та гідроекологія : Наук. збірник / І. П. Шуляренко. – К. : Ніка-Центр, 2001. – Т. 2. – С. 157–162.

7. Аполлов Б. А. Учение о реках / Б. А. Аполлов. – М. : Изд-во МГУ. – 423 с.

8. Гаврилов М. Д. Некоторые особенности развития горных речных долин : Геогр. сборник 1. Геоморфология и палеогеография / М. Д. Гаврилов. – М. : Изд-во АН СССР, 1952. – 45 с.

9. Львович М. И. Вода и жизнь / М. И. Львович. – М. : Мысль, 1986. – 256 с.

10. Наставление по рекогносцировочным гидрографическим исследованиям рек. – Л. : Гидрометеоиздат, 1949. – 168 с.

11. Орлов В. Г., Сикан А. В. Основы инженерной гидрологии. Учебное пособие. Направление «Экология и природопользование». Специальность «Геоэкология» / В. Г. Орлов, А. В. Сикан. – СПб. : Изд-во РГГМУ, 2003. – 187 с.

12. Чалов Р. С., Чернов А. В. Эрозионно-аккумулятивные процессы в системе «водосбор-русло» на карте русловых процессов ЕТС / Эрозиоведение : теория, эксперимент, практика. Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1991. – С. 159–160.

13. Чеботарев А. И. Гидрологический словарь / А. И. Чеботарев. – Л. : Гидрометеоиздат, 1978. – 307 с.

14. Чеботарев А. И. Общая гидрология / А. И. Чеботарев. – Л. : Гидрометеоиздат, 1975. – 544 с.

Контрольні запитання та завдання

1. Що вивчають гідрографія та гідроморфологія?
2. Як поділяють річки за характером рельєфу та гідрологічним режимом?
3. Дайте визначення таких понять:

– річка;

– річковий басейн;
– первинний схил;
– видолинок;
– лощина;
– яр;
– русло.

4. На які водозбори поділяється річковий басейн? Чим вони відрізняються?
5. Перерахуйте основні чинники, що впливають на річковий басейн.
6. Як визначається кількісний порядок приток за системою Хортона?

Практична робота № 2.
ВИЗНАЧЕННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАСЕЙНУ

Вихідні положення

У практиці гідрологічних та гідроекологічних досліджень, окрім визначення розмірів та форми досліджуваного водозбору, дуже важлива оцінка групи відповідних **морфометричних показників**.

Вивченням саме цих показників займається **морфометрія**. *Морфометрія* – це частина геоморфології, яка вивчає кількісні характеристики і співвідношення елементів, форм та типів рельєфу, спираючись на різні числові показники (середні, максимальні, мінімальні тощо) [4]. Частково їх можна визначити безпосередньо процедурою картометричних робіт, проте під час обчислення більшості показників доречно використовувати певні відомі взаємозалежності.

Обов'язково починають із **довжини річки**. Для її визначення необхідно насамперед встановити на карті ознаки витоку та гирла.

Витік річки – початок річки, на карті зазвичай відповідає місцю з якого з'являється постійне русло потоку. Річка, яка витікає з озера чи болота (характерно для рівнинних районів), має добре виражене місце витоку. Якщо ж річка утворилася злиттям двох річок без назви, то її витоком вважають складову більшої довжини, у випадку їх однакової протяжності – місце витоку лівої річки. Якщо ж вона утворилася від злиття двох річок із самостійними назвами, то місце злиття є початком цієї річки. Проте її витоком треба вважати місце витоку довшої з двох річок, що злилися. У цьому випадку можна виділяти **гідрографічну довжину річки** – довжину від найбільш віддаленого витоку та довжину річки цієї назви. У практиці гідрографії існують винятки. Основну назву річки зберігають за меншою із двох, що зливаються. Це спричинено певними історико-географічними подіями (Міссісіпі – Міссурі, Кама – Волга, Стрий – Дністер тощо).

Очевидно, що умови стоку води в річці і, звичайно, час переміщення води від витоку до гирла чи будь-якого іншого пункту, залежать від гідрографічної довжини річки. Тому фахівцями береться до уваги остання.

Гирло річки – місце впадіння річки в море, озеро чи іншу річку. Іноді це місце, де вода річки повністю розтікається поверхнею суші, при цьому витрачаючись на випаровування та просочування у ґрунт, або повністю розбирається на водопостачання чи зрошування. Тоді гирло називають *сліпим кінцем*.

За умови, що річка впадає в іншу річку, озеро чи море двома рукавами, її гирлом вважається гирло більшого рукава. Дещо ускладнює визначення гирла наявність **дельти**. Це особлива форма гирла річки, яка зазвичай виникає на мілководних ділянках моря чи озера. Величезна кількість наносів створила безліч рукавів і проток, які в основному мають віялоподібне розміщення. У таких випадках гирлом вважають вихід у море основного, найбільш повноводного рукава. Якщо ж річка закінчується зрошувальним віялом, то гирлом є місце розгалуження річки на зрошувальні канали.

Визначення довжини річки на карті краще проводити *вимірювальним циркулем* із наглухо закріпленими ніжками або *курвіметром*. Під час вимірювання циркулем ми визначаємо не довжини дуг, а хорди, тобто отримуємо зменшену довжину річки. Тому необхідно вводити похибку – коефіцієнт К>1. Для її отримання, за методом Ю. М. Шокальського, вимірюють одну й ту ж ділянку річки різними розхилами циркуля – 5, 4, 3, 2, 1 мм. Виміряна довжина річки зі зменшенням розкриття циркуля буде збільшуватися. Побудувавши графік виміряних довжин річки при різному розкритті циркуля, методом екстраполяції отримують справжню довжину річки [1].

Тільки незначна кількість річок має однорукавне русло (один головний фарватер). У своїй більшості – це багаторукавні чи меандруючі русла з дуже різноманітними коефіцієнтами звивистості та розгалуженості річкового русла на коротких ділянках (особливо це стосується гірських та передгірських річок чи їх окремих частин). Тому для визначення довжини річки на карті простіше скористатися курвіметром. Коліщатко проводиться двічі – від витоку до гирла і від гирла до витоку. У ході вимірювання визначаємо відлік за шкалою з моменту руху курвіметра на досліджуваній ділянці. Проте різниця між отриманими результатами не повинна перевищувати 0,5–0,7 поділок. На основі отриманих результатів знаходимо похибку курвіметра.

Довжина річки – величина нестала. Унаслідок постійних деформацій, які відбуваються в руслі (зокрема розмивання берегів, утворення нових проток, островів, рукавів) довжина річки може дещо змінюватися.

Для визначення *довжини річки на місцевості* проводять перерахунок результатів вимірювання на карті відносно масштабу.

Площа басейну річки (площа водозбору) – одна з найважливіших характеристик басейну, яка є досить суттєвою під час визначення величини стоку, її можна виміряти на карті. У межах кожного водозбору виділяють площі водозборів головної річки, основних

приток і **міжбасейнові простори** – це ділянки схилів, стік з яких відбувається безпосередньо в головну річку. Розміри площ басейнів можна визначити залежно від необхідної точності вимірювання, наявності засобів та умов роботи, такими методами:

1. Планіметрування – для точного визначення площі басейну зі складним за формою вододілом. У цьому разі використовується інструмент – *планіметр*, який за допомогою черв'ячної передачі зберігає нарощування одиниць площі, рухаючись за звивистою лінією вододілу.

2. Палеточний. *Палетка* – це прозора пластина з мережею квадратиків (комірок). Спочатку накладають палетку на контур басейну й рахують кількість цілих квадратів, надалі неповних, із наближеним врахуванням у десятих часток. Наприклад, якщо $S_{КВ}$=0,25 см^2, то при М = 1:500000 (в 1 см 5 км) 1 см^2 карти буде дорівнювати 25 км^2 і кожен квадратик палетки в цьому масштабі карти – 6,25 км.

3. Графічний – вимірювання площі басейну річки як суми площ декількох геометричних фігур. Будь-яку складну площу басейну можна розбити на прямокутники, квадрати, трикутники, трапеції тощо. Виконавши вимірювання площ цих фігур, визначають ціну поділки площинного масштабу за мірилом карти. Цей наближений спосіб досить зручний у попередніх до експедиційних дослідженнях.

Імовірні помилки оцінки якості визначення площ коливаються в межах 2–3 %, природно зменшуючись під час збільшення масштабу карти.

Довжина водозбору ($L_в$) вимірюється на карті як відстань по прямій від гирла річки (або від замикаючого створу) до найбільш віддаленої точки сточища (рис. 1). У випадку витягнутості басейну пряма АВ замінюється ламаною ВСЕ, кожен відрізок якої повторює головні звивини русла.

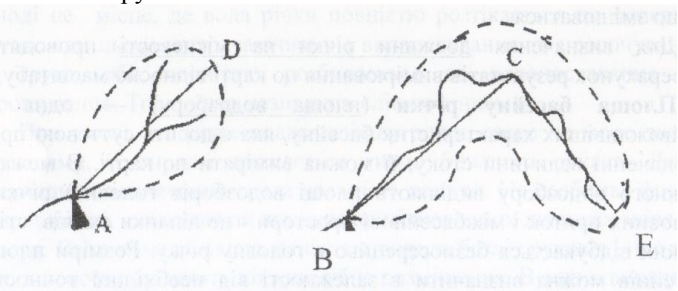

Рис. 1. Визначення довжини водозбору L_B при звичайній (А) і вигнутій формі водозбору (В)

Середня ширина водозбору ($B_{ср}$) – відношення площі водозбору F до його довжини $L_в$:

$$B_{ср}=F/L_в. \quad (1)$$

Річка в плані завжди має звивисту форму, яка в основному визначається її водним режимом, ґрунтами та геологією її долини. Дуже часто річки розділяються на рукави, утворюючи мережу островів і проток. У ході визначення звивистості річки краще розбивати її на окремі характерні ділянки, проте інколи водозбір визначають для річки.

Коефіцієнт звивистості – відношення довжини ділянки річки $L_р$, виміряної на карті, до довжини l за прямою від початку до кінця вибраної ділянки:

$$K_{зв}=L_р/l. \quad (2)$$

Для визначення розгалуженості річки використовують коефіцієнт розгалуженості $K_р$. Якщо на вибраній ділянці річка розгалужується на три рукави: головний (L) і два додаткові (l_1 і l_2), то:

$$K_р=L+l_1+l_2/L. \quad (3)$$

Тобто **коефіцієнт розгалуженості річки** – це відношення суми довжин усіх рукавів річки до довжини головного рукава.

Для визначення **висоти витоку** та **гирла** річки використовується величина горизонталей, які нанесені на топографічну карту. Абсолютна висота точки, що лежить на горизонталі, дорівнює висоті цієї горизонталі. Визначення висоти точок, які знаходяться між горизонталями, здійснюють методом інтерполяції висот сусідніх горизонталей. Висотні відмітки на водозборі зменшуються у напрямі від периферійних частин до русла головної річки і від витоку до гирла.

Для визначення абсолютної висоти витоку (гирла) річки скористаємось формулою:

$$H_в=H_{н.г.}+\Delta h, \quad (4)$$

де $H_{н.г.}$ – висота найближчої нижньої горизонталі; Δh – перевищення точки витоку над нижньою горизонталлю, яке знаходимо за формулою:

$$\Delta h=h\cdot d_1/d, \quad (5)$$

де h – висота перерізу рельєфу; d_1 – відстань від витоку (гирла) річки до нижньої горизонталі; d – закладення схилу на карті між двома сусідніми горизонталями, між якими лежить місце витоку (гирла) річки.

Середня висота водозбору (відносно рівня моря) є однією з найважливіших морфометричних характеристик, особливо в гірських районах, оскільки вона характеризує основні складові водного балансу, а також інші характеристики водного режиму. За наявності карти з горизонталями вона може бути отримана за формулою:

$$H_{cp}=(h_1f_1+h_2f_2+...+h_nf_n)/F, \quad (6)$$

де $h_1, h_2,..., h_n$ – середні висоти між горизонталями басейну, м;

$f_1, f_2,... f_n$ – частки площі обмежені горизонталями, м^2;

F – площа всього водозбору, м^2.

Для розрахунку середньої висоти водозбору складають таблицю (табл. 1), куди заносять горизонталі з найвищої точки басейну до замикаючого створу. Площі між горизонталями визначають палеткою.

Таблиця 1

Розрахунок середньої висоти водозбору

№ п/п	Відмітки горизонталей, м	Площа водозбору, f, м^3	Середні висоти між горизонталями	Добуток часток площ та середніх висот між горизонталями
1			$(h_2+h_3)/2$	$f_1 (h_2+h_3)/2$
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…
N			$(h_n+h_n+1)/2$	$f_n (h_n+h_n+1)/2$
	$F=\Sigma f_i$			$\Sigma f_i h_i$

Тоді:

$$H_{cp}=F\Sigma f_ih_i/F. \quad (7)$$

Річки мають різний напрям відносно схилів місцевості. Ті, що течуть у напрямі схилів, характеризуються найбільшими похилами. Річки, які течуть уздовж схилів біля підніжжя гір, називають *окраїнними*. Для них характерні порівняно малі похили.

Різниця висот між витоком h_2 та гирлом річки h_1 називається **падінням річки** і розраховується за формулою:

$$\Delta h=h_2-h. \quad (8)$$

Падіння річки на окремих її ділянках ΔL різне, проте закономірно зменшується від витоку до гирла. **Похил річки** – відношення падіння річки до її довжини – розраховується за формулою:

$$I_p=(h_2-h_1)/L=\Delta h/L. \quad (9)$$

Зазвичай похил річки – величина невелика, виражають її в безрозмірних величинах (проміле ‰ чи відсотках %). На природних річкових сточищах похил суттєво змінюється згідно з площею, тому його величину можна визначити для окремих відносно однорідних ділянок і потім, враховуючи дольову частку кожної ділянки, усереднити для водозбору. Середній похил водозбору $i_в$ визначають за формулою:

$$I_в=[0,5(l_0+l_n)+l_1+l_2+l_n]\Delta h/F, \quad (10)$$

де $l_0, l_1, l_2 \ldots l_n$ – довжини горизонталей у межах водозбору, км;

Δh – переріз горизонталей, км;

F – площа водозбору, км^2.

Аналізуючи формулу (10), зауважимо, що основною складовою величини $i_в$ є похили річкових схилів, оскільки вони становлять основну дольову частку сточища, а вплив похилу річкового русла менш значний.

Середній похил водозбору визначальний щодо швидкості стікання дощових і талих вод схилами сточища. Він впливає на максимальні витрати води, тривалість паводків і повеней, схилову ерозію та стік наносів.

Коефіцієнт густоти річкової мережі *D* – відношення суми довжин усіх річок басейну (чи іншої території), включаючи і пересихаючі тимчасові водостоки до площі басейну:

$$D=\Sigma L/F. \quad (11)$$

Це важливий гідрологічний показник, що характеризує величину розвитку поверхневого стоку в басейні. Головними факторами, що визначають густоту річкової мережі є зволоженість території, співвідношення між опадами і випаровуванням, які в свою чергу залежать від основних елементів рельєфу та відкритості басейну у відношенні до переважаючого переносу вологи. Густота річкової мережі прямо пропорційна кількості опадів та обернено пропорційна величині випаровування.

Основною закономірністю зміни величини густоти річкової мережі є вертикальна зональність, тобто збільшення її густоти з підвищенням висоти місцевості. Проте коефіцієнт густоти річкової мережі залежить також і від орієнтації гірських схилів у відношенні до переважаючого переносу вологи, від розчленованості рельєфу, геологічного складу порід і водопроникної здатності ґрунту.

Коефіцієнт густоти річкової мережі дає уявлення про розчленування берегів, протяжність водотоків, характеризує умови стікання поверхневих вод.

З коефіцієнтом густоти річкової мережі тісно пов’язане поняття щодо **довжини схилового стікання води.** А саме:

$$L_{схл}=F/2\Sigma l/2D. \quad (12)$$

З подовженням шляху поверхневого стікання зростають витрата схилового стоку та його ерозійна здатність. Тому велична $L_{схл}$ цікава під час вивчення процесів ерозії та яроутворення. Отримане в цьому випадку співвідношення називають **густотою яро-балкової мережі**.

Коефіцієнт заліснення водозбору (коефіцієнт лісистості) – відношення площі території зайнятої лісами, розташованої в басейні, до загальної площі басейну.

$$f_л\ F_л/F \cdot 100\%. \quad (13)$$

Коефіцієнт заболоченості – відношення площі боліт у басейні до площі річкового сточища.

$$f_б=F_б/F \cdot 100\%. \quad (14)$$

Коефіцієнт озерності – відношення площі озер, у межах водозбору, до його загальної площі.

$$f_б=F_б/F \cdot 100\%. \quad (15)$$

Ці показники досить часто використовуються, оскільки ліси, озера і болота можуть досить сильно впливати на режим річки. Вказані коефіцієнти характеризують процентну частку площі лісів, боліт чи озер від загальної площі водозбору.

Коефіцієнт асиметрії водозбору – безрозмірна величина, яка обчислюється за показниками картометричних робіт. Головна річка зазвичай ділить водозбір на дві нерівні асиметричні частини, тому віссю симетрії вважається лінія головного тальвегу. Для визначення *коефіцієнта асиметрії річкового сточища* використовують рівняння:

$$a=(F_{пр.}-F_л)/0,5F. \quad (16)$$

Проте простіше коефіцієнт асиметрії басейну річки визначають відношенням лівої частини площі басейну до правої:

$$a=F_л/F_{пр}. \quad (17)$$

Якщо $a \approx 1$ – басейн умовно симетричний, $a<1$ – правостороння асиметрія, $a>1$ – лівостороння асиметрія.

Деякі задачі річкової гідрології використовують орієнтацію (напрям) річкового басейну, зокрема у відношенні до напряму переносу вологих повітряних мас (наприклад, специфіка злив у Карпатах на південно-західному чи північно-східному схилах), або ж відкритість басейну до напряму прямої сонячної радіації (в задачах випаровування).

Складну орографію реального водозбору спрощують, формалізуючи останній у вигляді розгорнутої книги нібито піднятої у бік читача (так званий «водозбір А. Вудінга»).

Азимут – це двогранний кут у градусах, який відлічується за рухом годинникової стрілки від північного напряму площини меридіана в точці витоку до вектору напряму потоку.

Усі виміряні та обчислені характеристики записуються у відповідну таблицю (табл. 2).

Таблиця 2

Морфометричні характеристики басейну річки

Назва головної річки _____ Назви головних приток _____ Куди впадає_____ $L_{гол.р.}$(на місцевості): 28 км	$F_{бас.}$:160 км^2
Довжина водозбору L_e, км	
Середня ширина водозбору $B_{ср}$, км	
Коефіцієнт звивистості $K_{зв}$	
Коефіцієнт розгалуженості $K_р$	
Висота витоку $h_в$, м	
Висота гирла $h_г$, м	
Падіння Δh, м	
Похил $i_р$, ‰	
Середня висота $H_{ср}$, м	
Коефіцієнт густоти річкової мережі D, 1/км	
Довжина схилового стікання води $Lсхл$, км	
Коефіцієнт заліснення $f_л$, %	
Коефіцієнт заболочення $f_б$, %	
Коефіцієнт озерності $f_{оз}$, %	
Коефіцієнт асиметрії **a**	
Азимут (орієнтація) A, °	

Мета і завдання роботи – навчити студентів за допомогою картографічних робіт і математичних залежностей визначати основні морфометричні характеристики річкового басейну й проводити аналіз природних і антропогенних факторів, що впливають на розвиток та функціонування басейну за обчисленими показниками у цих умовах.

Зміст роботи

1. Виміряти довжину річки, трьома способами: за допомогою вимірювального циркуля, нитки і курвіметра.
2. Визначити площу басейну за допомогою палетки.
3. Виміряти довжину водозбору.
4. Обчислити середню ширину водозбору.
5. Вирахувати коефіцієнти звивистості та розгалуженості річки.
6. Визначити висоту гирла і витоку та розрахувати середню висоту річкового басейну.
7. Обчислити падіння річки та середній похил річкового сточища.

8. Визначити коефіцієнт густоти річкової мережі та довжину силового стікання.
9. Встановити коефіцієнти заліснення, заболоченості та озерності басейну.
10. Знайти коефіцієнт асиметрії водозбору.
11. Виміряти азимут.

Матеріально-технічне забезпечення – топографічна карта, олівець, ручка, калькулятор, вимірювальний циркуль, палетка, транспортир.

Форма звітності – усний захист роботи.

Рекомендована література та інформаційні джерела

1. Гопченко С. Д., Гушля О. В. Гідрологія суші з основами водних меліорацій : навч. посібник / С. Д. Гопченко, О. В. Гушля. – К. : ІСДО, 1994. – 296 с.
2. Загальна гідрологія / Ю. С. Ющенко та ін. – Чернівці : Зелена Буковина, 2005. – 368 с.
3. Збірник методичних вказівок до контрольних робіт із дисципліни «Загальна гідрологія» для студентів-екологів ІІІ курсу заочної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища» / Л. С. Кресс. – Одеса : ОГМІ, 2001. – 23 с.
4. Коротун Л. М. Практикум з прикладної геоморфології : Навчальний посібник для студентів спеціальності «Землевпорядкування» вищих навчальних закладів України / Л. М. Коротун. – Рівне : Державне редакційно-видавниче підприємство, 1996. – 140 с.
5. Методичні вказівки до практичних занять та програма курсу «Топографія з основами картографії» для студентів спеціальності 7.070801 «Екологія та охорона навколишнього середовища» / Упорядники : А. О. Малютіна, О. М. Заремська, В. Г. Явкін. – Харків : НТУ «ХПГ», 2002. – 34 с.
6. Шуляренко І. П. Екологічні аспекти руслоформування малих річок (аналіз проблеми) // Гідрологія, гідрохімія та гідроекологія : Наук. збірник / І. П. Шуляренко. – К. : Ніка-Центр, 2001. – Т. 2. – С. 157–162.
7. Аполлов Б. А. Учение о реках / Б. А. Аполлов. – М. : Изд-во МГУ, 1963. – 423 с.
8. Гаврилов М. Д. Некоторые особенности развития горных речных долин : Геогр. сборник 1. Геоморфология и палеогеография / М. Д. Гаврилов. – М. : Изд-во АН СССР, 1952. – 45 с.

9. Гарцман И. Н. Топология речных систем и гидрографические исследования // Водные ресурсы / И. Н. Гарцман. – 1973. – № 3. – С. 109–124.

10. Гендельман М. М. Гидролого-морфологическая теория руслового процесса : от постулатов к методам расчета деформаций речных русел / Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда. Секция 6. Проблемы русловых процессов, эрозии и наносов. – СПб. : Гидрометеоиздат, 2004. – С. 26–28.

11. Львович М. И. Вода и жизнь / М. И. Львович. – М. : Мысль, 1986. – 256 с.

12. Наставление по рекогносцировочным гидрографическим исследованиям рек. – Л. : Гидрометеоиздат, 1949. – 168 с.

13. Орлов В. Г., Сикан А. В. Основы инженерной гидрологии. Учебное пособие. Направление «Экология и природопользование». Специальность «Геоэкология» / В. Г. Орлов, А. В. Сикан. – СПб. : Изд-во РГГМУ, 2003. – 187 с.

14. Соколов Б. Л., Саркисян В. О. Подземное питание горных рек / Б. Л. Соколов, В. О. Саркисян. – Л. : Гидрометеоиздат, 1981. – 240 с.

15. Чалов Р. С., Чернов А.В. Эрозионно-аккумулятивные процессы в системе «водосбор–русло» на карте русловых процессов ЕТС / Эрозиоведение : теория, эксперимент, практика. Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1991. – С. 159–160.

16. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь / А. И. Чеботарев.. – Л. : Гидрометеоиздат, 1978. – 307 с.

17. Чеботарев А. И. Общая гидрология / А. И. Чеботарев. – Л. : Гидрометеоиздат, 1975. – 544 с.

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення терміну «морфометрія». Перелічіть основні морфометричні характеристики басейну річки.
2. Дайте визначення таких понять:
– витік річки;
– гирло річки;
– дельта, сліпий кінець, зрошувальне віяло.
3. Наведіть приклади дельт річок України.
4. Якими методами визначають довжину річки на карті? У яких випадках вводять поняття гідрографічна довжина річки і чим вона відрізняється від реальної довжини?
5. За якими методиками визначають площу басейну річки? Які складові входять до басейну річки?

6. Дайте визначення таких понять:
– довжина водозбору;
– середня ширина водозбору;
– коефіцієнт звивистості;
– коефіцієнт розгалуженості.
7. Як визначається висота будь-якої точки в басейні?
8. Як розрахувати середню висоту водозбору?
9. Що таке падіння річки?
10. Що таке похил річки?
11. Як визначається густота річкової мережі та довжина силового стікання?
12. Як обчислюються коефіцієнти заліснення, заболочення, озерності? За якими методиками визначають асиметрію водозбору?
13. Як вимірюється азимут?

Практична робота № 3.
КІЛЬКІСНА ОЦІНКА АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА РІЧКОВИЙ БАСЕЙН ЗА ТОПОГРАФІЧНОЮ КАРТОЮ

Вихідні положення

Антропогенний фактор відіграє одну з найважливіших ролей у розвитку та становленні сучасних типів ландшафту. Особливо це стосується річкових долин, передусім елементарних схилів, заплав та русел річок, як окремих самостійних елементів, так і басейну річки загалом. Корисно спиратися на структуру природних чи антропогенно змінених ландшафтних елементів. Важливо правильно оцінити як сам ступінь антропогенних змін, що проходять у басейні, так і фактичні наслідки цих змін, а також їхній вплив на ті чи інші характеристики сточища.

Існує кілька *методик оцінки антропогенного навантаження (або перетвореності) на ландшафти річкового басейну*. Майже всі вони базуються на врахуванні кількості певних типів ландшафтів, представлених у басейні; оцінки глибини їх антропогенної перетвореності та негативного впливу на формування стоку.

За дещо зміненою нами *методикою* [16], та за показниками топографічної карти, визначається ступінь антропогенного навантаження на будь-який басейн річки, що відноситься до певної природо господарської геосистеми.

Технологія визначення полягає в обчисленні складових індексу антропогенної зміненості. Квадрати мережі прямокутних координат поперечно-циліндричної проєкції Гаусса-Крюгера охоплюють площу басейну певної річки. Індекс антропогенного перетворення є сумою добутків величин компонентів індексу в межах окремої комірки. Рівень перетвореності розраховується для кожного квадрата. Для ілюстрації будується *лінійна форма антропогенного навантаження* з наступним відображенням розподілу індексу в басейні.

Індекс антропогенної зміненості (перетворення) визначається за формулою:

$$U_{АН} = \Sigma\ (rg), \qquad (18)$$

де ***r*** – ранг зазначеного типу ландшафту;

g – частка цього типу ландшафту в одиниці площі (%).

Наступним типам ландшафту відповідають ранги (табл. 3) [16]:

Таблиця 3

Ранги антропогенного перетворення відповідно типам ландшафту

№ з/п	Типи ландшафту	Ранг антропогенного перетворення
1	природоохоронні території	1
2	ліси	2
3	болота і заболочені землі	3
4	луки	4
5	сади і виноградники	5
6	орні землі	6
7	сільська забудова	7
8	міська забудова	8
9	водосховища і канали	9
10	землі промислового використання	10

Квадрат сітки прямокутних координат на карті з масштабом 1:100000 має площу 4 км^2.

Візьмемо цю площу за 100 %. Попередня практика виконання цього завдання оптимальним вважає використання методу палетки зі стороною комірки 4 мм. Тоді площа самої комірки складає 4 % від квадрата топографічної карти. Останнє зберігається й на картах із масштабами 1:50000, 1:200000.

Обчислені індекси антропогенного навантаження в межах кожного квадрата (18) систематизуються у табличній формі. Форма таблиці може бути довільною, але для максимальної зручності пропонується варіант заповнення на прикладі табл. 4.

Така таблиця є обов’язковою для захисту роботи.

Після завершення розрахунків басейн із сіткою квадратів переноситься на листок форматом А4 і підбирається шкала зміни індексу для цього басейну. Вона ділиться на декілька однакових відрізків і кожному з них присвоюється певний колір (на вибір студента). Найоптимальнішим є використання лінійної шкали, проте можливі параболічні, експоненціальні, логарифмічні тощо.

Приклад оформлення картосхеми для захисту практичної роботи наведено на рис. 2.

Таблиця 4

Обчислені індекси антропогенного навантаження

Номер квадрата	Типи ландшафтів у квадраті	Площа *g*,%	Ранг *r*	*rg*	Індекс антропогенного навантаження $u_{АН}$
1	ліси	23	2	46	611
	болота	2	3	6	
	сільська забудова	58	7	406	
	водосховища і канали	17	9	153	
Σ=		**100**	–	**611**	
2	ліси	27	2	54	511
	луки	4	4	16	
	сади і виноградники	5	5	25	
	орні землі	48	6	288	
	міська забудова	16	8	128	
Σ=		**100**	–	**511**	
п	ліси	85	2	170	275
	сільська забудова	15	7	105	
Σ=		**100**	–	**275**	

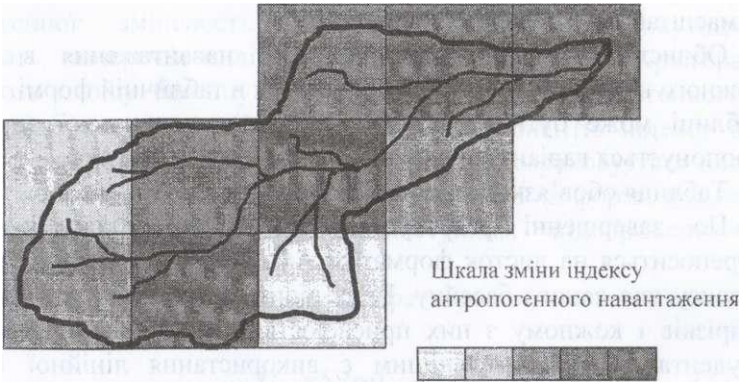

Рис. 2. Картосхема антропогенного навантаження на басейн р. Дубоведь

Заключний етап – за створеною картосхемою зробити повний аналіз ступеню впливу антропогенного навантаження на річковий басейн з урахуванням усіх факторів впливу.

Мета і завдання роботи – за поданою методикою оцінити антропогенне навантаження на річковий басейн та побудувати схему

антропогенної його перетворюваності. Навчитися самостійно оцінювати та аналізувати антропогенний фактор і його вплив на розвиток басейну.

Зміст роботи

1. Межі басейну річки разом із сіткою квадратів прямокутних координат, що його вміщують, перенести на палетку й за допомогою міліметрового паперу розграфити кожен із квадратів на 25 комірок площею 16 мм^2 (сторона комірки 4 мм). Нагадаємо, що кожна комірка відповідає 4 % площі квадрата.
2. За допомогою розграфленої палетки визначити площу кожного типу ландшафтно-господарських системи, представленої у квадраті та занести в таблицю.
3. За формулою (18) обчислити індекс антропогенної змінності для кожного квадрата.
4. Методом ранжування показників підібрати шкалу зміни цього індексу. Найкраще вибрати один колір із позначенням його інтенсивності відтінками, за зростанням індексу
5. Перенести басейн разом із сіткою прямокутних координат на лист форматом А4 і відповідно відтінити за вибраною шкалою антропогенного навантаження.
6. Викласти розширені висновки про розподіл інтенсивності антропогенного навантаження на басейн.

Матеріально-технічне забезпечення – топографічна карта, палетка, міліметровий папір, кольорові олівці, калькулятор чи комп'ютерна програма Excel, лінійка.

Форма звітності – усний захист графічної роботи. Оформлення на листку форматом А4 кольорової схеми антропогенного навантаження на басейн та таблиці з вихідними даними.

Рекомендована література та інформаційні джерела

1. Вишневський В. І. Річки і водойми України. Стан і використання / В. І. Вишневський. – К. : Віпол, 2000. – 376 с.
2. Екологічні проблеми Буковини : навчальний посібник / за ред. В. П. Коржика. – Чернівці : Зелена Буковина, 2002. – 168 с.
3. Збірник методичних вказівок до контрольних робіт із дисципліни «Загальна гідрологія» для студентів-екологів ІІІ курсу заочної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища» / Л. С. Кресс. – Одеса : ОГМІ, 2001. – 23 с.
4. Каталог річок України. – К. : Вид-во АН УРСР, 1957. – 192 с.

5. Кирилюк М. І. Водний баланс та якісний стан водних ресурсів Українських Карпат : навч. посібник / М. І. Кирилюк. – Чернівці : Рута, 2001. – 246 с.

6. Навчально-краєзнавчий атлас Чернівецької області. – Львів : Афіша, 2000. – 25 с.

7. Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України) / О. Г. Ободовський. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 274 с.

8. Антроповский В. И. Гидролого-морфологические исследования руслового процесса при преобразовании речных систем // Исследование русловых процессов для практики народного хозяйства / В. И. Антроповский. – М. : Изд-во. Моск. ун-та, 1983. – 160 с.

9. Антроповский В. И., Барышников Н. Б., Кудряшов А. Ф. Новый раздел геоэкологии – экологическое русловедение // Вестник МГУ. Серия 5. География. – № 1. – 2003. – С. 75–76.

10. Барышников Н. Б. Антропогенное воздействие на русловые процессы / Н. Б. Барышников. – Л. : Изд-во ЛГМИ, 1990. – 190 с.

11. Барышников Н. Б., Гареев А. М. Антропогенное воздействие на саморегулирующуюся систему бассейн–речной поток русло // Эрозионные и русловые процессы. – Вып. 2. – 1996. – С. 70–78.

12. Барышников Н. Б., Самусева Е. А. Антропогенное воздействие на саморегулирующуюся систему «бассейн–речной поток–русло» / Н. Б. Барышников, Е. А. Самусева. – СПб., РГГМУ, 1999. – 220 с.

13. Беркович К. М., Чалов Р. С., Чернов А. В. Проблеми рационального использования речных пойм в народном хозяйстве // География и природные ресурсы. – 1988. – № 1. – С. 30–39.

14. Беркович К. М., Чалов Р. С., Чернов А. В. Экологическое русловединие / К. М. Беркович, Р. С. Чалов, А. В. Чернов. – М. : ГЕОС, 2000. – 332 с.

15. Львович М. И. Вода и жизнь / М. И. Львович. – М. : Мысль, 1986. – 256 с.

16. Чеботарев А. И. Общая гидрология / А. И. Чеботарев. – Л. : Гидрометеоиздат, 1975. – 544 с.

17. Шишенко П. Г. Прикладная физическая география / П. Г. Шишенко. – К. : Вища шк., 1988. – 192 с.

18. Шишенко П. Г. Принципы и методы ландшафтного анализа в региональном проектировании : Монография / П. Г. Шишенко. – К. : Фитоцентр, 1999. – 284 с.

Контрольні запитання та завдання

1. За якими методиками визначають антропогенне навантаження на басейн річки?
2. У чому полягає сутність запропонованої методики?
3. Як обчислити індекс антропогенного навантаження на басейн?
4. Які типи ландшафтів прийнято вважати найбільш зміненими людиною?
5. Що таке ранг типу ландшафту?
6. Яким типам ландшафтів присвоюються найвищі ранги, а яким – найнижчі?

Практична робота № 4.
АНАЛІЗ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ РІЧКИ

Вихідні положення

Поперечний переріз – це фігура, обмежена лініями рівня води і дна річки. У межах поперечного перерізу виділяють *водний* та *живий* перерізи, *льодовий покрив* та *мертвий простір*. За наявності льодового покриву на річці виділяють **водний переріз**, який відповідає тій частині поперечного перерізу, де відбувається рух води. Розраховується як різниця між площею поперечного перерізу і площею льодового покриву. **Живий переріз річки** є частиною водного перерізу в якому спостерігається течія. **Мертвий простір** – це частина водного перерізу, де течія відсутня, або має зворотний напрям. У разі відкритого русла та відсутності мертвого простору площі поперечного, водного і живого перерізів однакові.

Поперечний переріз будується за показниками промірних робіт, виконаних гідрологами під час польових робіт та експедицій. Сутність промірних робіт полягає у вимірюванні глибини річки від водної поверхні до дна, за напрямом від одного берега до другого через рівні проміжки ширини потоку. Як виняток, додається промір очікуваної найбільшої глибини потоку в межах перерізу. Точкою нульового відліку інтервалів поперечного перерізу за шириною називається постійний початок (ПП). Положення та нумерація промірних вертикалей тоді стають стаціонарними. Це дає можливість переводити всі виміряні величини в абсолютні відмітки.

Приклад побудови поперечного перерізу річки наведено на рис. 3.

Площа поперечного перерізу $\boldsymbol{W}$ обчислюється аналітичним способом. Її розглядають як набір площ трикутників біля берегових ділянок і трапецій у проміжній частині профілю. $\boldsymbol{W}$ дорівнює сумі усіх часткових площ між промірними вертикалями:

$$W=h_1\cdot b_1/2+((h_1+h_2)/2)b_2+((h_2+h_3)/2)b_3+\ldots+((h_n-1+h_n)/2)b_{m-1}+h_n\cdot b_m/2, \quad (19)$$

де $\boldsymbol{h_i}$ – виміряна глибина;

$\boldsymbol{b_i}$ – горизонтальний інтервал (абсциса) між промірами.

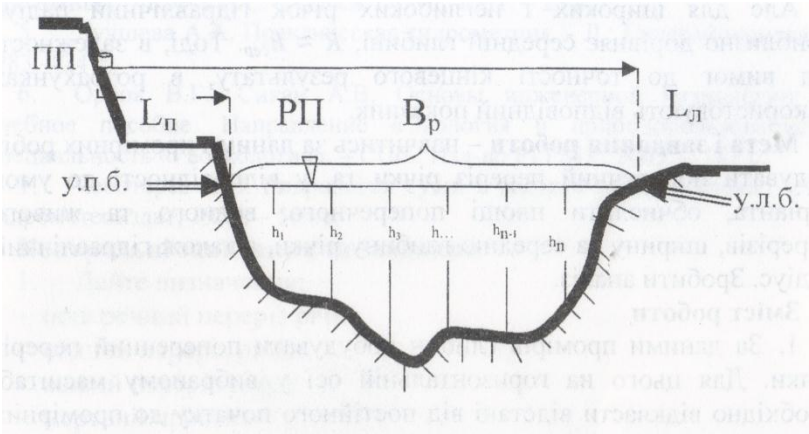

Рис. 3. Поперечний переріз річки

Ширина річки уздовж рівневої поверхні води (РП) між урізами лівого та правого берегів обчислюється за формулою:

$$B_p = L_л - L_п, \tag{20}$$

де $L_п$ і $L_п$ – відстані від ПП до правого і лівого берегів. Під впливом розмірів прибережних ділянок поперечного перерізу, середньоарифметичне з усіх промірів глибин дещо вище за реальне середнє значення глибини. Об'єктивніше є обчислення середньої глибини як відношення площі перерізу до ширини:

$$h_{cp} = W/B_p. \tag{21}$$

У річковій гідравліці, гідрометрії та інших прикладних галузях річкової гідрології замість ширини зазвичай необхідно використовувати більш складний показник, особливо важливий для оцінки властивостей потоку гірських та передгірських річок – **змочений периметр** (P_p). Це перерізна довжина лінії дна річки. За наявності льодового покриву складовою змоченого периметра стає ще й довжина нижньої поверхні льоду.

Величина змоченого периметра обчислюється за формулою:

$$P_p = \sqrt{b_1^2 + h_1^2} + \sqrt{b_2^2 + (h_2 - h_1)^2} + \ldots + \sqrt{b_{n-1}^2 + (h_{n-1} - h_{n-2})^2} + \sqrt{b_n^2 + h_n^2} \tag{22}$$

Позначення ті ж самі.

Глибина в поперечному перерізі недостатньо відображає мірні властивості поперечного перерізу. Тому в загальній гідрології (наприклад, у формулі Шезі) введено поняття гідравлічного радіуса, що обчислюється за співвідношенням:

$$R_p = W/P_p. \quad (23)$$

Але для широких і неглибоких річок гідравлічний радіус приблизно дорівнює середній глибині, $\boldsymbol{R \approx h_{сер.}}$ Тоді, залежно від вимог для достовірності кінцевого результату, в розрахунках використовують відповідний показник.

Мета і завдання роботи – навчитися за показниками промірних робіт будувати поперечний переріз річки та, у відповідності до умов варіанта, обчислити площі поперечного, водного та живого перерізів, ширину та середню глибину річки, а також гідравлічний радіус. Зробити аналіз.

Зміст роботи

1. За показниками промірів глибин побудувати поперечний переріз річки. Для цього на горизонтальній осі у вибраному масштабі необхідно відкласти відстані від постійного початку до промірних вертикалей. Від точок промірних вертикалей провести вертикальні лінії глибин. Вони з'єднуються прямою лінією. Нижче поперечного профілю підписуються глибини і відстані від постійного початку.
2. Обчислити площу поперечного перерізу за формулою (19).
3. Визначити площу водного перерізу та живого перерізу згідно з варіантом роботи.
4. Знайти ширину річки за формулою (20).
5. Обчислити середню глибину водного перерізу за формулою (21).
6. Розрахувати значення змоченого периметра за формулою (22) та гідравлічного радіусу за формулою (23).
7. Проаналізувати всі показники.

Матеріально-технічне забезпечення – міліметровий папір, ручка, олівець, калькулятор (комп'ютер).

Форма звітності – усний захист роботи.

Варіанти практичної роботи надаються індивідуально.

Рекомендована література та інформаційні джерела

1. Аполлов Б. А. Учение о реках / Б. А. Аполлов. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1963. – 423 с.
2. Биков В. Д., Васильев А. В. Гидрометрия / В. Д. Биков, А. В. Васильев. – Л. : Гидрометеоиздат, 1977. – 448 с.
3. Гопченко Є. Д., Гушля О. В. Гідрологія суші з основами водних меліорацій : навч. посібник / Є. Д. Гопченко, О. В. Гушля. – К. : 1С ДО, 1994. – 296 с.

4. Збірник методичних вказівок до контрольних робіт із дисципліни «Загальна гідрологія» для студентів-екологів III курсу заочної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища» / JI. С. Кресс. – Одеса : ОГМІ, 2001. – 23 с.

5. Лучшева А. А. Практическая гидрометрия / А. А. Лучшева. – Л. : Гидрометеоиздат, 1983. – 424 с.

6. Орлов В. Г., Сикан А. В. Основы инженерной гидрологии. Учебное пособие. Направление «Экология и природопользование». Специальность «Геоэкология» / В. Г. Орлов, А. В. Сикан. – СПб. : Изд-во РГГМУ, 2003. – 187 с.

7. Чеботарев А. И. Гидрология суши и расчета речного стока / А. И. Чеботарев. – Л. : Гидрометеоиздат, 1953. – 564 с.

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення наступним поняттям:
– поперечний переріз річки;
– водний переріз річки;
– живий переріз річки;
– мертвий простір.
2. Розкрийте принципи будови поперечного перерізу річки.
3. Обчисліть площу поперечного перерізу.
4. Як вирахувати ширину і середню глибину річки?
5. Що таке змочений периметр та гідравлічний радіус?

Практична робота № 5.
ВИВЧЕННЯ РОДУ *ALGAE*

Вихідні положення

Водорості (*Algae*) належать до нижчих спорових рослин. Відомо понад 30000 сучасних видів водоростей. Тіло їх не розчленоване на органи і називається **таломом**, або **сланню**. Водорості бувають одноклітинними, колоніальними багатоклітинними (у вигляді нитки, пластинки, кущика тощо). Багатоклітинні водорості в різному ступені диференційовані на клітини, що виконують різні функції (запасаючі, статеві, асимілюючі), але справжніх тканин не утворюють. Деякі види можуть прикріплюватися до субстрату за допомогою **ризоїдів** – ниткоподібних безбарвних виростів, що складаються з однієї або послідовного ряду клітин.

Усі водорості містять у клітинах зелений пігмент **хлорофіл**. Хлорофіл знаходиться у хлоропластах, що мають різну форму. Хлоропласти водоростей називають **хроматофорами**.

Для водоростей, як фототрофних організмів, першою умовою існування є наявність світла, джерел вуглецю й мінеральних речовин, а основним середовищем життя для них служить вільна вода. Крім того, на життя водоростей дуже впливають інші хімічні й фізичні фактори зовнішнього середовища – хімічний склад субстрату, температура тощо. Фізіологічна пластичність водоростей та їхня пристосованість до різних екологічних умов велика.

Одним з найважливіших факторів у розподілі водоростей є загальна солоність води. Основну масу природних басейнів становлять морські, у воді яких міститься близько 35 г солі на 1 л води, й прісноводні басейни, у яких солі міститься приблизно 0,01–0,5 г на 1 л. Це визначає поділ водоростей на морські й прісноводні. Деякі з водоростей можуть жити в обох водних середовищах. Так, наприклад, майже всі бурі й червоні водорості живуть у морях, приблизно половина діатомових водоростей живе у морській, інша – у прісній воді.

У межах кожного басейну водорості можуть населяти товщу води чи вільно плавати в ній. Однак водорості можуть жити не тільки у водоймах. За наявності хоча б періодичного зволоження багато з них успішно розвиваються на різних наземних предметах – скелях, корі дерев. Цілком сприятливим середовищем для розвитку водоростей є також товща ґрунтового шару. Таким чином, водорості можна згрупувати у наступні екологічні співтовариства: планктонні водорості;

бентосні; наземні; ґрунтові; водорості гарячих джерел; снігу й льоду; солоних водойм; водорості, які існують у вапняному субстраті.

Щонайбільше водоростей мешкає безпосередньо у водному середовищі. За способом життя їх можна поділити на **планктонні** (**фітопланктон**) – мікроскопічні водорості, пасивно плавають у товщі води, нездатні протистояти течіям; нейстонні (**фітонейстон**) – також мікроскопічні водорості, що живуть у самому верхньому шарі води, в поверхневій плівці, що безпосередньо граничить з атмосферним повітрям; **бентосні** (**фітобентос**), – водорості, прикріплені до ґрунту або предметів на дні (зазвичай у прибережній зоні водоймищ).

Серед бентосних водоростей виділяють групу мікроскопічних **водоростей вапняного субстрату** (**кальцефілів**). Вони виділяють органічні кислоти, що розчиняють вапно, внаслідок чого субстрат, на якому вони поселяються, скелі, мушлі, корали, виявляється пронизаний тонкими канальцями. Тому іноді ці водорості називають ще «свердлячими».

Прісноводний фітопланктон складається переважно з зелених (*Chlamydomonas, Chlorella, Volvox, Pandorina, Eudorina, Gonium*, а у заболочених водоймах – *Cosmarium, Closterium, Desmidium* тощо), синьо-зелених (*Anabaena, Microcystis, Aphanizomenon*), діатомових (*Asterionella, Tabellaria, Fragilaria*) та золотистих водоростей.

У морському фітопланктоні переважають діатомові та перидінієві водорості, а зелені і синьо-зелені менш численні. З останніх тільки *Oscillatoria erythraea* може розвиватися так сильно, що викликає «цвітіння» води у тропічних морях. А ось джгутикові форми з відділу пірофітових водоростей в морях представлені більшою кількістю видів, ніж в прісних водах.

Крім морських і прісноводних водоростей, існують такі, що зустрічаються в солоних озерах, концентрація солей яких може бути найрізноманітнішою – аж до насичених розчинів. Їх об’єднують в екологічну групу **водоростей солоних вод** (**галофітон**). Цікаво, що морські форми в солоних озерах не зустрічаються – вважається, що такі форми повторно розвинулися з прісноводних, що пристосувалися до підвищеної концентрації солей.

Вельми цікаву екологічну групу складають **термофільні водорості** (**термофітон**), що мешкають в гарячих мінеральних джерелах. Більшість їх видів щонайліпше почувають себе за t +35– +40°С, але деякі можуть жити і за t +85 °С. Деякі водорості пристосувалися і до забруднених гарячих вод, що скидаються заводами.

Але водорості можна зустріти не тільки у водоймищах. **Аерофільні** їх форми (**аерофітон**) – населяють поверхню скель, каменів, живуть на

корі і листі дерев, на огорожах, стінах і дахах будинків і навіть на шерсті тварин. Такі форми задовольняються невеликою кількістю води у вигляді дощу, роси, бризок прибою, водоспаду тощо. Особливу екологічну групу складають **ґрунтові водорості** (**фітоедафон**), місцем існування яких є мікропорожнечі в поверхневому шарі ґрунту і плівка води, що обволікає її частинки.

Ще одна цікава група – **кріофітон**, холодолюбні водорості, що розвиваються на поверхні снігу, і льоду, що підтанув. Їх відомо приблизно 100 видів, серед яких переважають зелені, діатомові і синьо-зелені водорості, але невеликим числом видів представлені також золотисті і пірофітові. Кріофільні водорості, що інтенсивно розвиваються на поверхні снігу, фарбують його в різні кольори. Залежно від складу видів сніг може набувати червоних, зелених, жовтих або бурих відтінків.

Водорості відіграють величезну роль у загальному круговороті речовин в природі. У Світовому океані маса фітопланктону складає близько 1,5 млрд т, а за рік морські водорості створюють близько 550 млрд т біомаси, що складає приблизно 1/4 всіх органічних речовини планети. Водорості є початковою ланкою в ланцюгах живлення водних екосистем, а також є важливим постачальником кисню в атмосферу. Водорості, що живуть в ґрунті, активно беруть участь в процесах його формування.

Геохімічна роль водоростей пов’язана, насамперед, з кругообігом кальцію і кремнію. Рифи – величезні геологічні утворення, створені живими організмами, часто острови і навіть цілі архіпелаги, на яких живуть люди. Постійними будівельниками рифів є не тільки корали, але і різні групи водоростей, здатних концентрувати у своєму тілі карбонат кальцію. Це переважно червоні, зелені і синьо-зелені водорості. В оболонках клітин червоних водоростей літотамній (*Lithothamnion*), які іноді називають кам’яними водоростями, відкладається така велика кількість карбонату кальцію, що вони набувають міцності каменю, замуровуючи частини колоній, що відмирають.

Систематика – це наука про багатоманітність організмів і їх сукупностей, основною її задачею є побудова такої системи, яка б, засновуючись на показниках всього комплексу біологічних наук, відображала б реально існуюче в природі різноманіття організмів, і, разом з тим, полегшувала б розуміння взаємозв’язків між їх групами. Предметом систематики є організми та групи подібних і (чи) споріднених організмів (популяцій, таксонів різного рангу), що розглядаються з точки зору побудови їх системи (класифікації). У

зв'язку з цим до методів систематики відносяться методи класифікації (систематизації) живих об'єктів (у тому числі математичні), а також способи аналізу результатів застосування цих методів. Прямим обов'язком вчених-систематиків є не експериментальне чи описове вивчення конкретних структур і явищ, але теоретичний аналіз відомостей, отриманих іншими дослідниками.

Варто розрізняти терміни «*систематизація*» та «*класифікація*». **Класифікація** – це не тільки поділ великої кількості об'єктів на менші, але й типізація, за якої одні (звичайно вперше описані об'єкти) умовно сприймаються як «типові», а інші порівнюються з ними і у випадку схожості об'єднуються в одну групу з «типовими».

У систематиці водоростей розрізняють таксономічні групи організмів (таксони) таких самих основних категорій (рангів, рівнів ієрархічної класифікації), що і в систематиці вищих рослин, а саме: відділ, клас, ряд, родина, рід та вид.

Синьо-зелені водорості. Відділ синьо-зелених водоростей вважають найстаршою групою автотрофних рослин на Землі (примітивна будова клітини, відсутність статевого розмноження, джгутикових стадій). За цитологією синьо-зелені водорості подібні з бактеріями, забарвлення їх варіюється від чисто синьо-зеленого до фіолетового або червонуватого, іноді до пурпурного або коричнювато-червоного. У клітинах цих організмів немає ні ядер, ні хроматофорів (хлоропластів), ні справжніх вакуолей. Є газові вакуолі, заповнені не клітинним соком, а азотом. Ці вакуолі, як поплавці, підтримують водорості на поверхні води, ближче до світла. Синьо-зелені водорості – найдавніші мешканці нашої планети. Вони виникли за 4 млрд років до нашого часу. Ці водорості бувають одноклітинні, колоніальні та нитчасті. Кількість їх видів досягає 2000. Усі інші типи водоростей (еукаріоти) мають складнішу будову, зокрема, в їх клітинах містяться ядро, хроматофори, мітохондрії, а в багатьох – також вакуолі.

Перидинеї. Це джгутикові організми, що здатні до активного руху, а багато з них – до світіння. Їх «живе» світло відіграє важливу роль у житті моря і часто використовується людьми.

Діатомові водорості. Це зовсім особлива група одноклітинних організмів, що живуть поодиноко або об'єднані у колонії різного типу: ланцюжка, нитки, стрічки, зірочки. Нараховується близько 15000 видів. Зустрічаються у прісних та морських водоймах, ґрунті, на камінні і скелях, на снігу і льоду. У морях утворюють значну частину планктону. Панцири діатомових осідають на дні та утворюють діатомовий мул. Забарвлення хлоропластів у діатомових водоростей

мають різні відтінки жовто-бурого кольору залежно від набору пігментів. Більшість діатомових водоростей пересуваються субстратом поштовхами вперед, назад і трохи убік. Вони є важливою складовою частиною періфітону та фітобентосу. На підводній поверхні вищих водних рослин (рогозу, очерету тощо) вони утворюють бурий наліт. Цими водоростями живляться водяні тварини – молюски, личинки комах, рачки, які в свою чергу є їжею для риби.

Золотисті водорості. До цього відділу відносяться водорості, переважно мікроскопічні, хлоропласти яких мають золотисто-жовтий колір. Залежно від пігментів колір водоростей може набувати різних відтінків: від чисто золотисто-жовтого до зеленувато-жовтого й золотисто-бурого. Живуть переважно в чистих прісних водах, але деякі з них у морях і солоних озерах.

Золотисті водорості бувають одноклітинними, колоніальними й багатоклітинними. Раніше ці водорості вважали тваринами, враховуючи їх здатність до активного руху за допомогою джгутиків. Деякі з них, як і тварини, можуть поїдати дрібні частинки твердої їжі. Багато представників цього типу живуть у «будиночках» з карбонату кальцію. Свою назву водорості одержали від забарвлення в жовтий, жовто-зелений, інколи бурий колір, тому що жовті пігменти маскують хлорофіл. Окрему групу становлять золотисті водорості, вкриті шаром слизу, інкрустованого карбонатом кальцію. Запаси крейди певною мірою зобов’язані нагромадженню коколітів – утворень із карбонату кальцію.

Евгленові водорості. Досить великі джгутикові одноклітинні організми, здатні як до фотосинтезу, так і до тваринного способу живлення. Захоплення і перетравлення найдрібніших істот стає єдиним способом живлення, коли фотосинтез неможливий. У тілі евгленових водоростей, крім головної вакуолі, є також кілька пульсуючих. Ці водорості активно рухаються за допомогою джгутиків дуже складної будови. Біля основи джгутика міститься «вічко» з жовтими пігментами. Звичайні мешканці невеликих прісних стоячих водойм.

Червоні водорості, або багрянки. Це переважно морські багатоклітинні водорості, що одержали назву завдяки червоному пігменту – фікоеритрину, який маскує зелене забарвлення хлорофілу (забарвлення – від жовтого чи блакитно-зеленого до червоного). Поширені переважно в солоних водоймах і прикріплюються до субстрату. Відомо близько 4000 видів. Зовнішній вигляд різноманітний: ниткоподібні, пластинчасті, коралоподібні з розсіченістю різного ступеню. Більшість з них – макрофіти (великі рослини), які досягають розмірів від декількох

сантиметрів до кількох дециметрів. У деяких багрянок (коралових) слиз інкрустований карбонатами кальцію та магнію. Такі водорості тверді, як каміння, і нагадують червоні корали, кущі яких розміщені на великих глибинах (до 100 м).

Бурі водорості. Це виключно морські багатоклітинні водорості. Більшість із них прикріплюються до субстрату. Розміри коливаються від кількох міліметрів до 60 м завдовжки. Свою назву одержали від характерного забарвлення. Нараховується близько 1500 видів. Бурі водорості – це макрофіти зі складною будовою тіла. Бурі водорості поширені в прибережній зоні морів. Їх біомаса досягає 10 кг та більше на 1 $м^2$ площі моря.

Зелені водорості – одноклітинні, колоніальні й багатоклітинні форми, різноманітної будови зеленого кольору (серед різних пігментів переважає хлорофіл). Найчисленніший відділ, нараховує за різними джерелами від 13000 до 20000 видів. Поширені переважно у прісних водоймах та на зволожених ділянках суходолу. Вищі рослини своїм походженням зобов'язані зеленим водоростям. Спрощена схема їх класифікації, що включає тип, класи, ряди та родини, наведена на рис. 4.

Походження синьо-зелених, зелених, перидинієвих, діатомових, золотистих, евгленових, червоних, бурих водоростей від спільних предків не викликає сумніву, але подальший їх розвиток відбувався незалежно і призвів до більш складної диференціації тканин. Тільки зелені водорості дали початок якісно новій групі рослин – вищим рослинам.

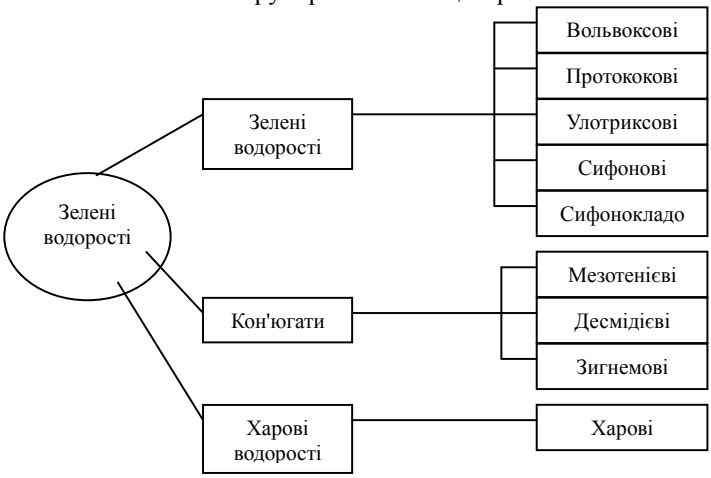

Рис. 4. Класифікація зелених водоростей

Мета і завдання роботи – ознайомитися із загальною характеристикою роду *Algae*, вивчити поняття «систематизація» та «класифікація», навчитися розрізняти таксономічні групи організмів.

Зміст роботи

1. Використовуючи рекомендовану літературу, рисунки та натурні зразки ознайомитися з різноманітністю таксономічних груп водоростей.
2. Намалювати характерних представників таксономічних груп.
3. Заповнити узагальнюючу таблицю «Класифікація роду *Algae*» (табл. 5).

Таблиця 5

Класифікація роду *Algae*

Царство	Відділ	Клас	Ряд
Прокаріотичні водорості (клітини не містять ядра)	Синьо-зелені	хроококові	хроококові
			……
			……
		……	плеврокапсові
			……
			……
			……
		……	осцилаторієві
			……
			……
	Прокаріотичні (первинні) зелені водорості	–	–
……	……	……	……

Матеріально-технічне забезпечення – література, рисунки, натурні зразки, зошит, ручка, олівець, гумка.

Форма звітності – усний захист роботи.

Рекомендована література та інформаційні джерела

1. Біологія. Навчальний посібник / за редакцією В. О. Мотузяного. – К. : Вища школа, 2001. – 622 с.
2. Величко І. М. Зелені трудівники водойм / І. М. Величко. – К. : Наук. думка, 1984. – 120 с.
3. Заведея Т. Л. Біологія : [Довідник школяра і студента] / Т. Л. Заведея. – Донецьк : ТОВ ВКФ «БАО», 2006. – 688 с.

4. Кульський Л. А. та ін. Фітопланктон і вода / Л. А. Кульський та ін. – К. : Наук. думка, 1986. – 136 с.
5. Остапченко Л. І. Біологія / Л. І. Остапченко, П. Г. Балан, В. В. Серебряков, Н. Ю. Матяш, В. А. Горобчишин. – К. : Вид-во «Генеза», 2015. – 256 с.
6. Биологический энциклопедический словарь / гл. ред. М. С. Гиляров. – М. : Сов. энциклопедия, 1989. – 864 с.
7. Березина Н. А. Гидробиология / Н. А. Березина. – М. : Пищевая промышленность, 1973. – 495 с.
8. Водоросли : [Справочник] / С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева и др. – К. : Наук. думка, 1989. – 608 с.

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення таким поняттям:
– систематика;
– класифікація;
– талом;
– кріофіли;
– фітопланктон.
2. Які таксономічні групи організмів (таксони) розрізняють у систематиці водоростей?
3. Наведіть коротку класифікацію роду *Algae*.
4. Наведіть коротку характеристику роду *Algae*.

Практична робота № 6.
ЖИТТЄВІ ФОРМИ ГІДРОБІОНТІВ

Вихідні положення

Життєві форми – це сукупності організмів різного систематичного положення, які мають принципово схожі пристосування, що дозволяють їм існувати й утримуватися у визначених біотопах. У пелагіалі життєві форми представлені планктоном і нектоном, на твердих субстратах – бентосом і періфітоном, в зоні контакту бенталі та пелагіалі – пелагобентосом, в поверхневому шарі води – нейстоном і плейстоном.

У межах кожної життєвої форми розрізняють сукупності організмів, які виділяються за різними ознаками залежно від особливостей самих гідробіонтів і умов їх існування. Наприклад, планктон можна поділити за типом водойм (морський, прісноводний, річковий, озерний тощо); їх географічним розташуванням (тропічний, високогірний тощо); екологічними зонами (поверхневий, глибоко-водний, літоральний тощо); сезонами року (весняний, літній, осінній, зимовий); розмірами (нано-, мікро-, макропланктон), а також за іншими ознаками.

Планктон і нектон

До *планктонних* організмів відносяться гідробіонти, які не здатні до активного руху в товщі води. До складу планктону входять мікроводорості, бактерії, коловертки та інші організми. Планктон складають як рослинні (*фітопланктон*), так і тваринні (*зоопланктон*) організми.

За ознакою розміру розрізняють:

− *мегалопланктон* – організми більші за 5 см (безхребетні дуже великих розмірів – медузи тощо);

− *макропланктон* – більші за 5 мм (в основному, мізиди, креветки, невеликі медузи);

− *мезопланктон* – більші за 0,5 мм (дрібні рачки);

− *мікропланктон* – більші за 50 мкм (мікроскопічні найпростіші, коловертки, личинки безхребетних);

− *нанопланктон* – організми більші за 5 мкм (бактерії, деякі одноклітинні водорості, гриби, їх зооспори);

− *пікопланктон* – організми менші за 5 мкм (бактерії, деякі одноклітинні водорості, гриби, їх зооспори).

За ступенем прихильності організмів до водної товщі розрізняють:

− *голопланктон* – організми, які все активне життя проводять у товщі води, і тільки стадії спокою (бруньки, яйця тощо) можуть знаходитися на дні;

− *меропланктон* – форми, які мешкають у товщі води тільки на якомусь відрізку свого активного існування, а іншу частину життя в інший спосіб (пелагічні личинки донних тварин, ікра і личинки риб).

Своєрідною життєвою формою є *кріопланктон* – населення талої води, що утворюється під променями сонця у тріщинках льоду і снігу. Удень організми кріопланктону, наприклад джгутиконосець, ведуть активний спосіб життя, а вночі вмерзають в лід.

Фітопланктон представлений водоростями різних систематичних груп, що мешкають у товщі морських, солонуватих і прісних вод. Морський фітопланктон складається переважно з діатомових, динофітових, криптофітових та інших водоростей. Вони населяють товщу морської води до глибини 100 м. Саме на таку глибину проникає сонячне світло, що використовується автотрофними організмами в процесах фотосинтезу. Основними представниками прісноводого фітопланктону є діатомові, синьо-зелені та зелені водорості. До його складу входять також золотисті, евгленові, динофітові, жовто-зелені та інші водорості. Він поширений до глибини 20–40 м. На формування фітопланктону істотним чином впливає: гідрологічний і гідрохімічний режим водних об’єктів, освітленість води та інші чинники.

Зоопланктон – сукупність водних безхребетних тварин, які населяють товщу морських і прісних вод. Це найпростіші, кишковопорожнинні, гіллястовусі та веслоногі ракоподібні, коловертки, велігери (личинки) молюсків, личинки креветок тощо. Серед них є організми, здатні до активного переміщення у воді. Так, представники гіллястовусих ракоподібних – дафнії, переміщуються стрибками, веслоногі ракоподібні – за принципом реактивного руху. Ті та інші здатні також до вертикальних міграцій – від поверхні до дна і навпаки. Складовою частиною зоопланктону є також *іхтіопланктон* – ікра і личинки деяких видів риб.

Бактеріопланктон складається з бактерій різних фізіологічних груп. Його склад і кількісні показники залежать від наявності органічних речовин, температурного та кисневого режиму, сольового складу й інших чинників. Серед бактерій зустрічаються дуже дрібні форми – *ультрабактеріопланктон*, які можна виділити тільки за допомогою мембранних ультрафільтрів і розглядати лише під електронним мікроскопом.

Нектон – сукупність активно плаваючих організмів, що мешкають у водній товщі, можуть активно пручатися течії та переміщуватися на значні відстані. Нектонні тварини мають обтічну форму тіла і розвинені рухові органи. Це хрящові і кісткові риби, морські ссавці (зубаті і вусаті кити), головоногі молюски (кальмари, восьминоги, каракатиці тощо).

Бентос і перифітон

Бентосні організми мешкають на поверхні ґрунту та в його товщі. Населення дна поділяють на *епібентос* та *ендобентос*. Відповідно до цього донних тварин поділяють на *епі-* та *інфауну*. За розмірами виділяють:

− *мікробентос* – організми менше 0,5 мм (інфузорії, кореноніжки, джгутикові, коловертки, нематоди, деякі турбелярії);

− *мезобентос* – розмір організмів до 1,5–2,0 мм (гіллястовусі, веслоногі та черепашкові ракоподібні, дрібні черв'яки – олігохети, личинки комарів – хірономіди, водяні кліщі тощо, а також можливі личинки бабок, одноденок, жуків і інших комах);

− мейобентос – складається з організмів розміром від 0,5 до 5–10 мм – це жителі самого верхнього шару донних ґрунтів;

− *макробентос* – організми більші за 5 мм (представники багатьох класів прісноводих тварин: поліхети, олігохети, черевоногі молюски, двостулкові молюски, ракоподібні, личинки комах. У складі морського зообентосу найбільшу роль відіграють двостулкові молюски (серед них величезні тридакни), голкошкірі (морські зірки, морські їжаки тощо) ракоподібні (омари, лангусти, краби), багатощетинкові черви – поліхети).

До найбільш масових представників бентосу відносяться бактерії, актиноміцети, водорості та гриби, найпростіші (особливо кореноніжки та інфузорії), губки, корали, ракоподібні, личинки комах, молюски, голкошкірі.

До *періфітону* (організми обростання) відносять усі організми, які мешкають на щільних субстратах за межами придонного шару води. Ці організми мешкають на вкритих водою поверхнях різних гідротехнічних споруд, на дні суден, зважених у воді частинках і різних плаваючих речах. Своєрідний періфітон, що розвивається на нижній поверхні льоду, особливо в морях Арктики та Антарктики – *пагон*.

До складу періфітону входять бактерії, актиноміцети, водорості (нижчі), двостулкові молюски та інші безхребетні.

Пристосування гідробіонтів до бентосного та періфітонного способу життя зводяться до розвитку засобів утримання на твердому

субстраті; захисту від захоронення зваженими частинками, що осідають на дно; відпрацювання найбільш ефективних засобів пересування. Для організмів бентосу та періфітону характерні пристосування до тимчасового переходу до планктонного способу життя. Це забезпечує малорухливим формам можливість значних переміщень для розселення.

За відношенням до субстрату організми бентосу поділяються на такі групи.

1. Прикріплені організми (сесильний бентос). Основна маса рослинного бентосу належить до прикріплених форм; квіткові рослини закріплюються на м'якому ґрунті за допомогою кореневищ, велика кількість водоростей прикріплюється до твердого субстрату своїми ризоїдами. Серед зообентосу сидячими є губки, гідроїди, корали, морські лілії, черви, моховатки, двостулкові молюски, вусоногі раки, асцидії та низка інших тварин. Загалом форма тіла прикріплених тварин витягнута. Серед прісноводних тварин особливо сильно розвинуті органи прикріплення у реофільних форм, що живуть на швидкій течії. Форма тіла сплощена, обтічна. Прикріплення відбувається завдяки різним присоскам, причіпкам (личинки низки комах).

2. Лежачі організми. Тварини, які лежать на м'якому ґрунті, відрізняються дуже розширеним і низьким тілом. Більшість плоских форм містяться серед донних риб, наприклад камбалових, а також головоногих молюсків. Плоску форму тіла мають також деякі краби, двостулкові молюски, морські їжаки та інші тварини, деякі з них мають вирости, розташовані в одній площині.

3. Організми, що закопуються. Сукупність тварин, які закопуються в ґрунт, називається *інфауною*. *Епіфауна*, представлена прикріпленими й вільнорухомими організмами, трапляється в багатьох групах тваринного світу – серед червів, морських їжаків, голотурій, черевоногих і двостулкових молюсків, плечоногих, ракоподібних, личинок комах та інших груп.

4. Свердлячі організми. Свердлінню піддаються щільні осадові породи, скелі, складені з вапняку, пісковика, сланців, мармуру, бетону, цегли, дерева й раковини молюсків. До морських свердлячих організмів належать деякі водорості, губки, черви, молюски й раки. У прісних водах найбільш звичайними свердлячими тваринами є личинки деяких комах, які позначають листки та стебла водних рослин або роблять ходи в глинистих берегах. Водорості, а з тварин губки, черви й деякі молюски прокладають ходи у вапняку або в раковинах за допомогою виділеної кислоти, яка розчиняє вапняк. Деякі молюски механічно просвердлюють гірські породи та дерево зубцями й гребе-

нями, розміщеними на раковині; представники бокоплавів і рівноногих раків свердлять дерево сильно розвинутими ротовими придатками.

5. *Вільнорухомі організми*. Більшість з них рухаються дном за допомогою різноманітно влаштованих кінцівок: голкошкірі мають амбулакральні ніжки, органом руху молюсків є нога, найпростіші рухаються за допомогою війок або псевдоподій. Деякі рослини (донні діатомеї) також можуть рухатися.

Пелагобентос, нейстон і плейстон

Значна частина гідробіонтів пристосувалася до існування на межі розподілу води з твердою та газоподібною фазами. У зоні контакту водної товщі з дном мешкають представники *пелагобентосу*, які то плавають, то пересуваються ґрунтом чи зариваються в нього. Приповерхневий шар води є біотопом нейстону та плейстону. *Нейстонти* – мікроскопічні чи мілкі форми, які мешкають на поверхневій плівці (*епінейстон*) чи безпосередньо під нею (*гіпонейстон*). *Плейстонти* – організми великих чи середніх розмірів, частина тіла яких занурена у воду, а частина виступає над нею.

Залежно від розмірів і ступеня рухомості представників пелагобентосу відносять до:

− *нектобентосу* – вищі раки та риби. Наприклад, проникають у поверхневий шар ґрунту креветки, які змучують мул з метою добування їжі. Морські риби піщанки закопуються в пісок, рятуючись від переслідування. Накидаючи на себе пісок, частково закопуються в ґрунт плоскі скати та камбали;

− *планктобентосу* – прозорі личинки комара, які живуть то в ґрунті, то в воді і жуки, веслоногі рачки і деякі коловертки, які мають ногу, численні хлорококкові, десмідієві та синьо-зелені водорості.

Умови існування організмів на верхньому боці плівки натягу води інші, ніж у приповерхневому шарі. Тому епінейстонти – аеробіонти – та гіпонейстонти – гідробіонти – утворюють різні життєві форми. До складу нейстону входить відносно невелика кількість організмів – найпростіші, одноклітинні водорості, бактерії, дрібні черевоногі легеневі молюски.

До *епінейстону* відносяться організми, які пересуваються по верхньому боку плівки натягу – клопи-водомірки, мухи, різні жуки. Плівка під ногами бігаючих комах прогинається, але не рветься. Цьому сприяє незмочуваність їх тіл. Умови життя цих організмів характеризуються посиленою сонячною радіацією, високою вологістю повітря, рухливістю поверхні опори. Висока концентрація органічних

речовин, що накопичуються на поверхневій плівці та під нею, створює сприятливі умови для живлення епінейстонтів.

До *гіпонейстону* відносять сукупність організмів, які населяють верхній шар води товщиною 5 см. У ньому поглинається до половини всієї сонячної радіації, що проникає у воду. В цьому шарі виражений перепад температур на межі води та атмосфери, концентрація кисню унаслідок контакту з повітрям дуже висока. Поверхнева плівка завдяки своїй пружності уявляє своєрідну опору нейстонним організмам, які підвішуються до неї чи упираються в неї знизу. Для приповерхневого шару води характерна висока концентрація органічних речовин, що створює для мешканців гіпонейсталі (особливо для бактеріонейстону) сприятливі умови для розвитку. Кількість безхребетних, ікри та личинок риб в гіпонейсталі в десятки і сотні разів перебільшує їх концентрацію в іншій товщі води.

У гіпонейстоні переважають гетеротрофні організми; у його склад входять бактерії, найпростіші, ракоподібні, молюски, комахи, молодь риб і представники інших груп.

Розрізняють форми:

− *евгіпонейстонні* – упродовж усього життя пов’язані з поверхневим шаром води (веслоногі рачки);

− *мерогіпонейстонні* – лише на окремих стадіях розвитку пов’язані з поверхневим шаром води (личинки молюсків, ікра кефалі, ставриди, хамси, личинки багатьох риб).

Для представників *плейстону* найбільш характерна подвійна адаптація, оскільки частина їх тіла знаходиться у воді, а частина – на поверхні. У плейстонних рослин дихання йде як за рахунок поглинання кисню з атмосфери, так і розчиненого у воді.

Багато плейстонтів для свого пересування використовують вітер (сифонофора (вільно плаваючі організми, які утворюють колонії з поліпоїдних і медузоїдних особин), риби виду *Mola* тощо). Найбільшого багатства фітоплейстон досягає в невеликих стоячих водоймах, наприклад, ставках і невеликих озерах. Зооплейстон зазвичай зустрічається в морях і океанах, де нараховуються десятки різних форм, головним чином сифонофор та черевоногих молюсків.

Мета і завдання роботи – ознайомитися із різноманітністю життєвих форм гідробіонтів; встановити особливості організації представників різних життєвих форм; проаналізувати залежність цих особливостей від особливостей конкретних біотопів.

Зміст роботи

1. Використовуючи рекомендовану літературу, рисунки та натурні зразки ознайомитися з різноманітністю життєвих форм гідробіонтів.
2. Намалювати характерних представників таксономічних груп.
3. Заповнити узагальнюючу таблицю «Різноманітність життєвих форм гідробіонтів» (табл. 6).

Таблиця 6

Різноманітність життєвих форм гідробіонтів

Екологічна група	Особливості поширення в гідроекосистемі	Особливості пристосування організмів	Характерні представники

Матеріально-технічне забезпечення – література, рисунки, натурні зразки, зошит, ручка, олівець, гумка.

Форма звітності – усний захист роботи.

Рекомендована література та інформаційні джерела

1. Біологія. Навчальний посібник / за редакцією В. О. Мотузяного. – К. : Вища школа, 2001. – 622 с.
2. Величко І. М. Зелені трудівники водойм / І. М. Величко. – К. : Наук. думка, 1984. – 120 с.
3. Заведея Т. Л. Біологія : [Довідник школяра і студента] / Т. Л. Заведея. – Донецьк : ТОВ ВКФ «БАО», 2006. – 688 с.
4. Ковальчук Г. В. Зоологія з основами екології / Г. В. Ковальчук. – Київ : Вища школа, 1988. – 294 с.
5. Кульський Л. А. та ін. Фітопланктон і вода / Л. А. Кульський та ін. – К. : Наук. думка, 1986. – 136 с.
6. Лукін Е. М. Зоологія / Е. М. Лукін. – М. : Вища школа, 1981. – 400 с.
7. Межжерін С. В. Біологія підр. / С. В. Межжерін, Я. О. Межжеріна. – К. : «Освіта», 2008. – 256 с.
8. Остапченко Л. І. Біологія / Л. І. Остапченко, П. Г. Балан, В. В. Серебряков, Н. Ю. Матяш, В. А. Горобчишин. – К. : Вид-во «Генеза», 2015. – 256 с.
9. Хижняк М. І., Євтушенко М. Ю. Методологія вивчення угруповань водних організмів [Навчальний посібник] / М. І. Хижняк, М. Ю. Євтушенко. – Київ : Український фітосоціологічний центр, 2014. – 269 с.

10. Амос Т. Х. Живой мир рек [пер. с англ. М. А. Домоленко] / Т. Х. Амос. – Л. : Гидрометеоиздат, 1980. – 176 с.

11. Астафьев Ю. Ф. На кромке океана / Ю. Ф. Астафьев. – М. : Мысль, 1986. – 236 с.

12. Биологический энциклопедический словарь / гл. ред. М. С. Гиляров. – М. : Сов. энциклопедия, 1989. – 864 с.

13. Березина Н. А. Гидробиология / Н. А. Березина. – М. : Пищевая промышленность, 1973. – 495 с.

14. Зайцев Ю. П. Жизнь морской поверхности / Ю. П. Зайцев. – К. : Наук. думка, 1974. – 104 с.

15. Михайлов В. Н., Добровольский А. Д., Добролюбов С. А. Гидрология / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольский, С. А. Добролюбов. – М. : Высш. школа, 2005. – 463 с.

16. Сон М. О. Моллюски-вселенцы в пресных и солоноватых водах Северного Причерноморья / М. О. Сон. – Одесса : Друк, 2007. – 132 с.

Контрольні запитання та завдання

1. Що таке планктон?
2. Назвати класифікацію планктону.
3. На які групи поділяється планктон за розмірами?
4. Які організми належать до бентосу?
5. На які групи поділяються організми бентосу за відношенням до субстрату?
6. Дати визначення поняття «нейстон».
7. Які є два види нейстону?
8. Які організми входять до складу періфітону та які умови необхідні для його розвитку?

Практична робота № 7.
СТАВКОВА АКВАКУЛЬТУРА ТА РОЗРАХУНОК РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Вихідні положення

Аквакультура. У вузькому змісті *аквакультура* – це промислове вирощування гідробіонтів за визначеною технологічною схемою з контролем над всіма основними ланками процесу. Якщо мова йде про вирощування морських організмів, говорять про *марикультуру*; якщо про розведення прісноводних гідробіонтів – *лімнокультуру*. В широкому змісті *аквакультура* – це господарювання на водоймах з метою збільшення їх продуктивності, що аналогічно діяльності на суші, пов'язаної з раціональною організацією сільськогосподарського виробництва.

До найпростіших форм аквакультури відноситься меліорація природних водойм. Подальший розвиток аквакультури зводиться до перетворення екосистем, їх конструюванню в інтересах оптимізації виробництва біосировини у водоймах.

Існують два принципи ведення аквакультури:

− максимальне використання водойм як господарських угідь, що відтворюють першоїжу і тому можуть у результаті екосистемної трансформації бути джерелом біологічної сировини. Зокрема розробляються методи збільшення первинної продукції шляхом внесення мінеральних добрив і способи вселення культури риб, компоненти якої можуть утилізувати продукцію різних трофічних рівнів, передусім першого (риби-фітофаги), а потім і наступних (детритофаги, зоопланктофаги, зообентофаги);

− використання води як середовища для вирощування господарсько цінних об'єктів за рахунок скормлювання їм малоцінних продуктів.

За формою організації аквакультури розрізняють три типи господарств:

− *виростні* – створюються для отримання життєстійкої молоді гідробіонтів, яка використовується у якості посадового матеріалу;

− *товарні* – посадовий матеріал вирощується до необхідного стандарту за рахунок природної кормової бази чи (та) внесення штучного корму;

− *повносистемні* – тут управління процесами культивування забезпечується на протязі всього життєвого циклу об'єктів, що вирощуються (отримання та збереження виробників, отримання статевих

продуктів і запліднення ікри, її інкубація, вирощування личинок, отримання товарної молоді тощо).

Ставкова аквакультура. Однією із розроблених форм аквакультури є риборозплід за рахунок споруди штучних водойм і контролю за складом іхтіофауни. Ставки влаштовуються спусковими, що дає змогу повністю відловлювати вирощених риб та полегшує догляд за водоймами.

За складом риб, які вирощуються, ставкові господарства поділяють на *тепловодні* (короп, товстолобик, тіляпії тощо) та *холодноводні* (райдужна форель тощо).

Процес вирощування товарної риби забезпечується використанням ставків різного типу (рис. 5). У порівняно глибоких *маточних* ставках тримають виробників виду, який вирощується та *ремонтний молодняк* – особини, які залишені для поповнення стаду виробників. Весною виробників пересаджують в мілкі *нерестові* ставки, отримують від них статеві продукти штучно запліднюють ікру та інкубують її в спеціальних апаратах. Личинок потім випускають у *малькові* чи *виростні* ставки. На зиму молодь, що підросла, пересаджують в *зимувальні* ставки і весною використовують в якості посадкового матеріалу для зариблення *натуральних* ставків, де вирощують до товарного стандарту.

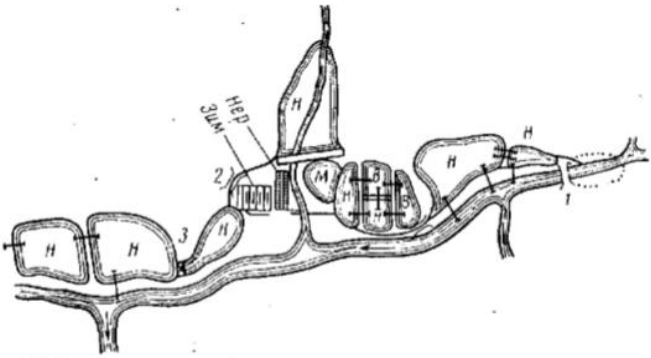

Рис. 5. Схема організації коропового ставкового господарства (за Жадіним і Гердим, 1961): Н – нагульні ставки, В – вирощувальні, М – маточні, Нер – нерестові, Зим – зимувальні; 1 – дамба, 2 – розподільник, 3 – регулятор

Цьоголітки й однорічки висаджують у ставки за певними нормами (чим більша риба, тим нижча щільність посадки).

Під час вирощування риб використовують різні штучні корми. У процесі інтенсивного годування в сприятливих кліматичних умовах з одного гектара за рік отримують до 50 т коропа, 8–12 т тіляпії, 3 т – ікталурусів.

Рибопродуктивність ставків визначається тим, наскільки близькі до оптимальних абіотичні і біотичні параметри екосистем, що створюються. З абіотичних факторів найбільш істотні температурний та кисневий; з біотичних – трофічний, включаючи хижаків, паразитів і харчових конкурентів.

У нашій країні найбільш розроблена полікультура, що включає коропа (еврифаг) і білого товстолоба (фітопланкто-детритофаг). Іноді до них додають строкатого товстолоба (зоопланктофаг) й білого амура (макрофітофаг). Оскільки рослиноїдні риби ще теплолюбивіші, ніж короп, полікультура дає добрі результати у відповідних кліматичних зонах. За кордоном полікультура найширше ведеться в Індії, Китаї Японії, у країнах Близького Сходу й Африки.

Склад іхтіофауни, наявність тих чи інших видів риб, стан популяції промислових видів риб, потенційна рибопродуктивність водних об’єктів та загальна величина вилову з них рибопродукції (реальна або промислова) є важливими характеристиками водних екосистем. Бо вони є індикаторами якості води, загального благополуччя або неблагополуччя гідроекосистем та визначають рибогосподарське значення водойм.

Більшість методів обчислення величин потенційної ($\boldsymbol{P_{р\text{-}потенц.}}$) та промислової ($\boldsymbol{P_{р\text{-}реальн.}}$) рибної продуктивності водойми базується на результатах фактичних спостережень за рибопродукцією, морфометричними характеристиками, гідрологічним, гідрохімічним, загальним гідробіологічним та санітарно-гідробіологічними режимами на конкретних водних об’єктах, що виконуються упродовж декількох вегетаційних сезонів.

Існують такі орієнтовні розрахунки рибної продукції за фітопланктоном і зообентосом.

Визначення рибної продукції за фітопланктоном ґрунтується на залежності розміру вилову риби ($\boldsymbol{P_{р\text{-}реальн.}}$, кг/(га·рік)) від величини первинної продукції фітопланктону ($\boldsymbol{P_{фп.}}$,кг/(га·рік)), яка встановлена В. В. Бульоном і Г. Г. Вінбергом, та виражена наступним лінійним рівнянням:

$$P_{р\text{-}реальн.} = 0{,}001 \cdot (1{,}8+0{,}9) \cdot P_{фп}. \qquad (24)$$

Середнє значення промислової рибної продукції дорівнює:

$$P_{р\text{-}реальн.} = 0{,}02 \cdot P_{фп}. \quad (25)$$

Використовуючи ці рівняння, можна визначити величину очікуваної промислової рибної продукції у водоймі, що досліджується, у разі відомого значення первинної продукції фітопланктону за рік.

Потенційна рибна продуктивність водойми (***$P_{р\text{-}потенц.}$***, кг/(га·рік)) дорівнює:

$$P_{р\text{-}потенц.} = P_{р\text{-}реальн.}/k_р. \quad (26)$$

З урахуванням пересічної величини коефіцієнта ***$k_р$*** та середнього значення промислової рибної продукції, це рівняння має наступний вигляд:

$$P_{р\text{-}потенц.} = 0{,}2 \cdot P_{фп}. \quad (27)$$

Обчислення *рибної продукції за зоопланктоном* ґрунтується на інформації про пересічну величину біомаси зоопланктону за вегетаційний період (***$B_{зп}$***, кг/га). Вона у різних водоймах коливається в межах від 1 до 1000 кг/га та залежить від рівня трофності водойм та особливостей гідрологічного режиму.

Для визначення річної продукції зоопланктону за вегетаційний період (***$P_{зп1}$***, кг/(га·рік) використовують Р/В-коефіцієнт (відношення річної питомої продукції безхребетних до їхньої питомої біомаси):

$$P_{зп1} = 10 \cdot B_{зп} \cdot P_{зп}/B_{зп}. \quad (28)$$

Розміри Р/В-коефіцієнта зоопланктону в різних водоймах коливаються від 10 до 45 у мирних видів та від 4 до 32 – у хижих планктонних ракоподібних, та пересічно становлять 23. З урахуванням пересічної величини Р/В-коефіцієнта планктону маємо:

$$P_{зп1} = 230 \cdot B_{зп}. \quad (29)$$

Однак риби використовують тільки частину зоопланктону, яка складає 50–80 % усієї продукції зоопланктону у водоймі. Тому для визначення кількості зоопланктону, що йде на корм рибам ***$P_{зп2}$*** використовують коефіцієнт вживання зоопланктону рибами (***$k_{зп1}$***), який становить 0,50–0,80.

За допомогою цього коефіцієнта частка річної продукції зоопланктону, що йде на корм рибам, обчислюється за рівнянням:

$$P_{зп2} = k_{зп1} \cdot P_{зп1}. \quad (30)$$

З урахуванням (29), а також того, що ***$k_{зп1}$*** пересічно дорівнює 0,65, маємо:

$$P_{зп2} = 150 \cdot B_{зп}. \quad (31)$$

Величина потенційної рибної продуктивності (питома рибна продукція, приріст іхтіомаси) обчислюється за допомогою кормового

коефіцієнта ($k_{зп2}$), що виражає відношення якості засвоєного корму (зоопланктону) до приросту іхтіологічної маси риб ($P_{р\text{-}потенц.}$):

$$P_{р\text{-}потенц.} = P_{зп2}/k_{зп2}. \quad (32)$$

Зважаючи на (31) та те, що пересічне значення коефіцієнта $k_{зп2}$ (що зазвичай становить 5–10) дорівнює 7,5, рівняння маємо:

$$P_{р\text{-}потенц.} = 20 \cdot B_{зп}. \quad (33)$$

Загальна величина промислової рибопродуктивності ($P_{р\text{-}реальн.}$) обчислюється за рівнянням:

$$P_{р\text{-}реальн.} = k_р \cdot P_{р\text{-}потенц}. \quad (34)$$

Ураховуючи (33), а також те, що пересічна величина вилову риби в озерах та водосховищах становить близько 0,5 % ($k_р$ = 0,005), маємо:

$$P_{р\text{-}реальн.} = 0,1 \cdot B_{зп}. \quad (35)$$

Мета і завдання роботи – ознайомитися із технологіями вирощування риби у ставках та способами розрахунку рибної продукції.

Зміст роботи

1. Обчислити величину промислової та потенційної рибної продукції за фітопланктоном у водоймі за рік. Варіанти вихідних даних для розрахунків наведено у табл. 7.

Таблиця 7

Значення $P_{фп}$ згідно варіантів

№ варіанта	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
$P_{фп.}$, кг/(га·рік)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
№ варіанта	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
$P_{фп.}$, кг/(га·рік)	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000

2. Обчислити величину потенційної та промислової рибної продукції за зоопланктоном у водоймі за рік. Варіанти вихідних даних для розрахунків наведено у табл. 8.

Таблиця 8

Значення $B_{зп}$ згідно з варіантами

№ варіанта	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
$B_{зп}$, кг/га	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
№ варіанта	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
$B_{зп}$, кг/га	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000

Матеріально-технічне забезпечення – література, рисунки, схеми організації ставкового господарства, зошит, ручка, олівець, гумка, калькулятор.

Форма звітності – усний захист роботи.

Рекомендована література та інформаційні джерела

1. Гроховська Ю. Р. Біологічний моніторинг водного середовища: навч. посіб. / Ю. Р. Гроховська, С. В. Кононцев, Т. М. Колесник. – Рівне : НУВГП, 2010. – 161 с.
2. Ковальчук Г. В. Зоологія з основами екології / Г. В. Ковальчук. – Київ : Вища школа, 1988. – 294 с.
3. Лукін Е. М. Зоологія / Е. М. Лукін. – М. : Вища школа, 1981. – 400 с.
4. Межжерін С. В. Біологія підр. / С. В. Межжерін, Я. О. Межжеріна – К. : «Освіта», 2008. – 256 с.
5. Остапченко Л. І. Біологія / Л. І. Остапченко, П. Г. Балан, В. В. Серебряков, Н. Ю. Матяш, В. А. Горобчишин. – К. : Вид-во «Генеза», 2015. – 256 с.
6. Самарський Л. О. Зоологія / Л. О. Самарський. – К. : Вища школа. Головне видавництво, 1996. – 456 с.
7. Хільчевський В. К. Основи гідрохімії : підручник / В. К. Хільчевський, В. І. Осадчий, С. М. Курило. – К. : Ніка-Центр. – 2012. – 312 с.
8. Штерман І. М. Ставкове рибництво / І. М. Штерман. – К. : Урожай, 1994. – 236 с.
9. Яцик А. В. Водні ресурси : використання, охорона, відтворення, управління : підручник / А. В. Яцик, Ю. М. Грищенко, Л. А. Волкова, І. А. Пашенюк. – К. : Генеза, 2007. – 360 с.
10. Агеева Р. Г. Профилактика болезней рыб в рыбоводных хозяйствах юга Украины / Р. Г. Агеева. – Днепропетровск : ДСХИ, 1990. – 32 с.
11. Анисимова И. М., Лавровский В. В. Ихтиология / И. М. Анисимова, В. В. Лавровский. – М. : Агропромиздат, 1991. – 288 с.
12. Березина Н. А. Гидробиология / Н. А. Березина. – М. : Пищевая промышленность, 1973. – 495 с.
13. Березина Н. А. Практикум по гидробиологии / Н. А. Березина. – М. : Агропромиздат, 1985. – 207 с.
14. Иванов А. П. Рыбоводство в естественных водоемах / А. П. Иванов. – М. : Агропромиздат, 1988. – 368 с.
15. Исаев А. И. Рыбоводство /А. И. Исаев, Е. И. Карпова. – М. : Агропромиздат, 1991. – 96 с.
16. Константинов А. С. Общая гидробиология / А. С. Константинов. – М. : Высшая школа, 1986. – 472 с.
17. Никольский Г. В. Экология рыб / Г. В. Никольский. – М. : Молодая гвардия, 1974. – 367 с.

18. Степанов В. Н., Андреев В. Н. Черное море: ресурсы и проблемы / В. Н. Степанов, В. Н. Андреев. – Л. : Гидрометеоиздат, 1981. – 160 с.

Контрольні запитання та завдання

1. Які основні види риб вирощуються в аквакультурі?
2. Чим відрізняється повносистемне ставкове рибництво від неповносистемного?
3. Що є найбільш керованою формою аквакультури?
4. Що таке «полікультура» в рибному господарстві?
5. Назвіть способи розрахунку рибної продукції у водоймах.
6. Як обчислити величину промислової рибної продуктивності водойми за рік?

Практична робота № 8.
ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕНОСТІ ПРІСНОВОДНОЇ ВОДОЙМИ

Вихідні положення

Система екологічного моніторингу містить у собі збір інформації, її збереження, первинну екологічного стану об'єктів моніторингу, екологічне нормування, екологічне районування, екологічний прогноз і керування якістю середовища. Особливе місце серед цих методів займає гідробіологічний аналіз якості води. Програма гідробіологічного моніторингу передбачає спостереження на всіх основних підсистемах: фітопланктону, макрофітам, зоопланктону, зообентосу, періфітону, мікрофлорі. Кожна група організмів як біологічний індикатор має свої переваги і недоліки, що визначають границі її використання під час вирішення тих чи інших задач біоіндикації, у процесі виявлення найбільш істотних у кожному конкретному випадку особливостей стану екосистеми.

Методи біоіндикації ґрунтуються на тому, що різні організми мають різну чутливість до забруднення води. Тому за «набором» організмів, які живуть у водоймі, можна судити про ступінь її забруднення. Серед методів біоіндикації найчастіше використовують систему сапробності та біотичні індекси Вудівісса, Майєра, олігохетний, метод Пантле-Бука тощо.

Основні принципи біоіндикації були розроблені Кольквитцем і Марссоном на початку XX ст. Було введено поняття «сапробності». *Сапробність* – здатність водних організмів жити у воді, що містить різну кількість органічних речовин. За ступенем забруднення органічними речовинами у водоймах виділяють такі зони сапробності: полі-, мезо-, оліго- та ксеносапробні:

− *полісапробні* – у воді практично немає кисню; багато нерозкладених білкових речовин; значна кількість сірководню та вуглекислого газу;

− *мезосапробні* – вода не містить нерозкладених білкових речовин; у ній дуже мало сірководню та вуглекислого газу, але досить помітна концентрація кисню; у воді присутні слабко окислені азотисті сполуки – аміак, аміно- та амідокислоти. Залежно від ступеню забруднення вони поділяються на альфа- та бета-мезосапробні. В *α-мезосапробній зоні* починається аеробний розпад органічних речовин з утворенням метану, міститься багато вільної вуглекислоти та мало

кисню; в *β-мезосапробних водах* відмічається незначна кількість нестійких органічних речовин, що розклалися до окислених продуктів, їм характерні менші кількості амонійного та нітритного азоту, сірководню, переважають нітрати;

− *олігосапробні* – вода не містить сірководню; у ній мало вуглекислого газу; кількість кисню наближається до нормальної; вкрай мало нерозкладених розчинених органічних речовин;

− *ксеносапробні* – холодні води чистих гірських струмків, озер, джерел, у яких біота збіднена та відмічається мінімальна кількість органічних речовин.

Метод Пантле і Букка в модифікації Сладечека. Це універсальний метод визначення сапробності за планктоном, бентосом чи періфітоном (табл. 9). Для його розрахунку необхідно мати частоту зустрічності видів-індикаторів або безпосередньо їх чисельність чи біомасу (***h***) та їх індивідуальний індекс сапробності (***S***). Для статистичної достовірності результатів необхідно, аби в пробі було не менше 12-ти індикаторних організмів із загальним числом особин не менше 30-ти. Визначення (***h***) проводять за оковимірювальною шкалою: 9,0 – у полі зору багато організмів; 7,0 – часто трапляються в кожному полі зору; 5,0 – нерідко; 3,0 – дуже рідко; 1,0 – поодиноко. Індикаторну значимість (***F***) і зону сапробності визначають за списками сапробних організмів.

Індекс сапробності визначають за формулою:

$$F = \Sigma(Sh) / \Sigma h, \qquad (36)$$

де ***S*** – індивідуальний індекс сапробності видів-індикаторів (визначається за спеціальними таблицями); ***h*** – відносна чисельність (біомаса) видів-індикаторів.

У тому випадку, коли в пробах, відібраних на одному місці, не вивчаються декілька різних груп біоценозу, то розрахунок ведуть за формулою:

$$f_m = \frac{S_1 \sum h_1 + S_2 \sum h_2 + S_3 \sum h_3 + \ldots S_1 \sum h_1}{\sum h_1 + \sum h_2 + \sum h_3 + \ldots \sum h_1}, \qquad (37)$$

де: f_m – середній індекс; S_1, S_2, S_3 – індекс сапробності окремих співтовариств (макрофлора, макрофауна обростання) або декілька проб одного співтовариства; h_1, h_2, h_3 – суми значень частоти зустрічання окремих співтовариств або декількох проб одного співтовариства.

Таблиця 9

Індекс сапробності, зони сапробності та клас якості води

Індекс сапробності	Зона сапробності	Клас якості води
0,0 – 0,5	ксеносапробна	1 - дуже чиста
0,51 – 1,5	олігосапробна	2 - чиста
1,51 – 2,5	β-мезосапробна	3 - помірно забруднена
2,51 – 3,5	α-мезосапробна	4 - забруднена
3,51– 4,0	Полісапробна	5 - брудна

Біотичний індекс Вудівісса використовують для визначення якості води у річках за структурними характеристиками зообентосу. Індекс враховує відразу два параметри – загальне різноманіття донних безхребетних та організмів, які належать до «індикаторних» груп. Під час підвищення ступеня забруднення водойми представники цих груп зникають приблизно в тому порядку, у якому вони приведені в таблиці 10. Для оцінки якості води за методом Вудівісса необхідно:

- оцінити загальне різноманіття зообентосу у пробі;
- визначити групи організмів-індикаторів у пробі;
- знайти бал індексу Вудівісса для водойми (табл. 10).

Значення індексу Вудівісса вимірюється в балах від 0 до 15:

- 0–2 бали – значне забруднення;
- 3–5 балів – середнє забруднення;
- 6–7 балів – незначне забруднення;
- 8–10 балів і вище – чиста водойма.

За біотичним індексом Вудівісса, з підвищенням рівня забруднення вод відбувається зміна видової структури бентосних організмів, яка призводить до відмирання індикаторних таксонів, що досягли межі толерантності.

Індекс Вудівісса можна розрахувати за формулою:

$$I_{Вудівісса} = \Sigma x_i / n, \qquad (38)$$

де $\boldsymbol{x_i}$ – значення індексів індикаторних організмів; $\boldsymbol{n}$ – кількість виявлених індикаторних організмів.

Таблиця 10

Біотичний індекс Вудівісса

Індикаторні групи та організми	Видове різноманіття	Число груп Вудівіса в пробі				
		0–1	2–5	6–10	11–16	>16
Личинки веснянок Plecoptera	>1 виду	–	7	8	9	10
	1 вид	–	6	7	8	9
Личинки одноденок Ephemeroptera	>1 виду	–	6	7	8	9
	1 вид	–	5	6	7	8
Личинки волохокрилець Trichotera	>1 виду	–	5	6	7	8
	1 вид	–	4	5	6	7
Бокоплави, рід Gammarus	Усі відсутні	3	4	5	6	7
Рівноногі раки Asellus aquaticus	Те ж саме	2	3	4	5	6
Трубочник (Tubifex) або личинки комахів (Chironomidae)	Те ж саме	1	2	3	4	–
Усі групи відсутні	деякі присутні	0	1	2	–	–

Щодо оцінки якості води за індексом Вудівісса достатньо визначити виловлені тварини до індикаторних груп. До індикаторної групи відносяться: личинки веснянок, одноденок (за винятком *Baetis rodani*), волохокрильців, бокоплави (рід *Gammarus*), рівноногі раки (*Asellus aquaticus*), малощетинкові черви (рід *Tubifex*), личинки комарів-дзвінців. До інших індикаторних груп відносяться плоскі черви, двостулкові та легеневі молюски, п’явки, водяні кліщі, личинки жуків, сітчастокрилих, мошок, бабок, водяні клопи.

Біотичний індекс Майєра – найбільш проста методика біоіндикації. Її використовують для визначення якості води у водоймах будь-яких типів з різним рівнем забруднення. Метод заснований на тому, що різні групи донних безхребетних мешкають у водоймах з певним ступенем забруднення. Так само організми-індикатори відносять до однієї з трьох груп: чистих вод, помірно забруднених і забруднених (табл. 11).

Визначення якості води за методом Майєра:

- відмітити виявлені індикаторні групи у пробах;
- кількість виявлених груп-індикаторів чистих вод помножити на 3, кількість виявлених груп-індикаторів помірного забруднення – на 2, кількість груп-індикаторів забруднених вод – на 1; отримані числа додати;
- значення суми характеризує ступінь забруднення водойми.

Якщо сума балів більша від 22 – водойма дуже чиста і відноситься до першого класу якості води; 17–21 – водойма чиста, другий клас

якості води; 11–16 – помірно забруднена, третій клас якості води; менше 11 балів – характеризують водойму як брудну (4–5 клас якості).

Таблиця 11

Індикаторні групи донних організмів (індекс Маєра)

Організми чистих вод	Організми помірно забруднених вод	Організми забруднених вод
Личинки веснянок	Бокоплави	Личинки комарів-дзвінців
Личинки одноденок	Річковий рак	П'явки
Личинки волохокрилець	Личинки бабок	Водяний віслючок
Личинки вислокрилок	Личинки комарів довгоніжок	Малощетинкові черви
Двустулкові молюски	Молюски-живородки	Ставковики
		Личинки мошки

Універсальність методу Майєра дає можливість швидко оцінити стан водойми. Точність методу невисока, але якщо проводити дослідження якості води регулярно протягом якогось часу і порівнювати отримані результати, можна виявити, у який бік змінюється якість води.

Модифікований індекс Майєра (для макрофітів). Для попередньої оцінки екологічного стану водойми або окремої її ділянки з добре розвинутою водною рослинністю використовують модифікований індекс Майєра. У його основу покладено поділ видів-індикаторів водяних рослин на 3 групи відповідно до ступеня забруднення водойми: індикатори чистих водойм (група А), індикатори водойм помірного забруднення (В) та індикатори забруднених водойм (С) (табл. 12).

Таблиця 12

Індикаторні групи макрофітів

Організми чистих вод, А	Організми помірного забруднення, В	Організми забруднених вод, С
– Водопериця черговоквіткова; – Молодильник озерний; – Рдесник альпійський; – Рдесник гостролистий; – Харові водорості*; – Водні мохи*; – Альдрованда пухирчаста; – Пухирник малий; – Водяний жовтець плаваючий.	– Широколисті рдесники*; – Вузьколисті рдесники (окрім гребінчастого)*; – Рдесники з плаваючими листками*; – Латаття, глечики, водяний горіх плаваючий*; – Елодея канадська; – Водопериця кільчаста; – Ряска триборозенчаста; – Жабурник звичайний; – Наяда морська.	– Кушир занурений; – Водопериця колосиста; – Рдесник гребінчастий; – Ниткуваті водорості*; – Ряска та сальвінія плаваючі* (>60 %); – Різак алоеподібний; – Пухирник звичайний; – Водяний жовтець закручений.

* збірні групи макрофітів

Для оцінки екологічного стану водойми необхідно визначити чисельність видів кожної групи (А, В, С) під час обстеження водойми чи її окремої ділянки.

Під час розрахунку індексу Майєра кожна група (харові водорості, водні мохи, широколистяні рдесники, лататтєві, ряски тощо) приймається за «1». Тобто, якщо у водоймі є кілька видів харових водоростей чи рясок, то при розрахунках до загального числа видів відповідної колонки необхідно додати 1.

До розрахунків приймаються як окремі види, так і збірні групи (харові водорості, водні мохи тощо). Якщо у водоймі відмічені види, які належать до однієї індикаторної групи (наприклад, гірський потічок, де крім 1–2 видів водних мохів (група А) нічого не розвивається, або, навпаки, дуже забруднена водойма, де трапляються лише види групи (С) – бали рахувати немає потреби, це вода відповідної якості.

Індекс Майєра (***$I_м$***) розраховується за формулою:

$$I_м = A \cdot 5 + B \cdot 2 + C \cdot 1, \qquad (39)$$

де **А**, **В** та **С** – кількість видів (чи груп) із відповідних індикаторних груп, що відмічені у водоймі.

За значенням індексу оцінюють екологічний стан водойми:

- > 25 балів – вода чиста, 1–2 класів якості;
- 24–15 балів – вода помірно забруднена, 3 клас якості;
- < 15 – вода брудна, 4–5 клас якості води.

Модифікований індекс Майєра можна використовувати на перших етапах визначення екологічного стану водойми.

Олігохетний індекс Гуднайта-Уітлея (за крупними таксонами) показує частку олігохет від загальної кількості зообентосу у відсотках. Шкала вимірювань – від 0 до 100 %. Чим більше значення індексу, тим вищий ступінь забруднення (табл. 13, 14). Індекс від 60 до 100 % відповідає забрудненим водам.

Таблиця 13

Відповідність індексів Гуднайта-Уітлея зонам сапробності

Індекс Гуднайта-Уітлея	Зона сапробності
до 30,0	ксеносапробна
30,0–60,0	олігосапробна
61,0–70,0	β-мезосапробна
71,0–80,0	α-мезосапробна
> 80,0	полісапробна

Таблиця 14

Відповідність індексів Гуднайта-Уітлея екологічним індексам якості води

Екологічний клас	Індекс сапробності Пантле й Букку	I_e	Індекс Гуднайта-Уітлея (*%, олігохет*)
I	**0,7**	**1,0**	**15,0**
II	**1,7**	**3,0**	**30,0**
III	**2,2**	**8,0**	**45,0**
IV	**3,3**	**21,0**	**66,0**
V	**>3,3**	**>21,0**	**>66,0**

Олігохетний індекс Пареле – це відношення чисельності олігохет родини тубіфіцид (*Tubificidae*) до сумарної чисельності усіх олігохет.

Метод Ніколаєва використовується для оцінки якості вод малих та великих річок і є спрощеним варіантом методу Пантле-Бука. За цим методом якість води річок поділяється на 6 класів і в основному відповідає зонам сапробності: дуже чисті (ксеносапробні), 2 – чисті (олігосапробні), 3 – помірно забруднені (β-мезосапробні), 4 – забруднені (α-мезосапробні), 5 – брудні (β-полісапробні), 6 – дуже брудні (α-полісапробні). Оцінка якості води за методом Ніколаєва проводиться за виявленими таксонами за табл. 15:

– число виявлених таксонів перемножити на значимість таксона;
– вибрати клас якості води, що набрав найбільше число балів.

Таблиця 15

Визначення якості води за Ніколаєвим

Таксономічні одиниці	**Класи якості вод**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Личинки волохокрилець: *Rhyacophila*	+	+			
Личинки веснянок, окрім *Nemoura*	+	+			
Личинки мухи: *Atherix*	+	+			
Бокоплави: *Gammarus*	+	+	+		
Губки *Shongia*	+	+	+		
Беззубки: *Anodonta, Pseudoanodonta*		+	+		
Зяброві молюски: *Viviparus, Bithynia, Valvata*		+	+		
Річкові раки: *Astacus, Pontastacus*		+	+		
Личинки волохокрилець: *Neureclipsis, Mollana, Brachycentrus*		+	+		
Бабки: *Calopteryx, Plathycnemis*		+	+		
Одноденки: *Ephemera, Polymitarcys*		+	+		
П'явки: *Glossiphoniidae*		+	+	+	
Перлівниці: *Unio, Crassiana*		+	+	+	
Водяні клопи		+	+	+	

Продовження табл. 15

Одноденки: *Heptegeniidae*		+	+	+	
Вислокрилка *Sialis*		+	+	+	
Мошки *Simuliidae*		+	+	+	
Волохокрильці *Hydropsyche, Anabolia*			+	+	
Бабки *Gomphidae*			+	+	
П'явки *Erpobdella, Haemopis, Piscicola*			+	+	
Горошинки і шаровки *Pisidiidae*			+	+	
Водяний віслючок *Asellus aquaticus*			+	+	+
Трубочник *Tubificidae*, масово				+	+
Мотиль *Chironomidae*, масово				+	+
Личинка мухи *Eristalis* (криска)				+	+
Значимість кожного таксона	25	6	5	7	20

На сьогодні існують набагато складніші системи оцінки якості води, де використовується комплекс фізико-хімічних і біологічних показників.

Найбільшої уваги заслуговує **комплексна оцінка якості води за еколого-санітарними показниками**, розроблена вченими Інституту гідробіології НАН України. Найважливішими показниками, взятими для класифікації, є кількісні характеристики планктону, бентосу, періфітону і зоофітосу.

Класифікація поверхневих водних об'єктів дозволяє безпосередньо оцінювати рівень розвитку цих угруповань біоти, а також ступінь трофності та якості води відповідних водних об'єктів у певний відрізок вегетаційного періоду (сезон, місяць, декада) щорічно або через певні інтервали років з метою виконання гідроекологічного моніторингу.

У спрощеному вигляді цю систему можна представити у вигляді таблиці 16.

Таблиця 16

Оцінка якості води за біологічними показниками

Класи якості води	**I**	**II**		**III**		**IV**	**V**
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти	дуже чисті	чисті		забруднені		брудні	дуже брудни
	дуже чисті	чисті	досить чисті	слабко забруднені	помірно забруднені	брудні	дуже брудни
Біомаса фітоплантону, мг/дм^3	<0,5	0,5–1,0	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	10,1–50,0	>50,0
S (індекс)	<1,0	1,0–1,5	1,6–2,0	2,1–2,5	2,6–3,0	3,1–3,5	>3,5
Сапробність	олігосапробні		бетамезасапробні		альфа-мезасапробні		полісапроблні

Мета і завдання роботи – ознайомитися з індикаторними організмами різних зон сапробності забруднення водойм, вивчити методи визначення ступеня забрудненості прісноводної водойми.

Зміст роботи

1. Розрахувати індекс сапробності за фітопланктоном у модифікації Пантле й Букка за показниками таблиці 17, використовуючи формулу (36).
2. Вказати, до якого класу та зони сапробності належить розрахований індекс.

Таблиця 17

Показники для розрахунку індексу сапробності за фітопланктоном у модифікації Пантле й Букка

№ з/п	Індикаторні організми	S	h	S·h
1	*Euglena viridis*	4	1	
2	*Vorticella convalaria*	3	3	
3	*Zooglea ramigera*	4	5	
4	*Oscilatoria purriola*	4	1	
5	*Glosterium acerosum*	3	3	
6	*Stentor couruleus*	3	7	
7	*Jarve saratiomys*	3	1	
8	*Pagamaecium bursaria*	2	3	
9	*Spirogira crassa*	2	5	
10	*Cladophora crispate*	2	7	
11	*Cyclotella bocanica*	1	1	
12	*Tabellaria flocculoza*	1	3	
13	*Planaria gonocephala*	1	5	
14	*Jehahea annulata*	1	7	
			Σh =	ΣS·h =

Висновок: f = …; зона сапробності.

Ксеносапробна зона визначається індексом сапробності – I клас – 0–0,50; олігосапробна – II клас – 0,57–1,50; β-мезосапробна – III клас – 1,51–2,50; α-мезосапробна – IV клас – 2,50–3,50; полісапробна – V клас – 3,51–4,00.

Матеріально-технічне забезпечення – література, таблиці, зошит, ручка, калькулятор.

Форма звітності – усний захист роботи.

Рекомендована література та інформаційні джерела

1. Боярин М. В. Основи гідро екології : теорія й практика [Текст] : навч. посіб. / М. В. Боярин, І. М. Нетробчук. – Луцьк : Вежа-Друк, 2016. – 365 с.

2. Гроховська Ю.Р. Біологічний моніторинг водного середовища : навч. посіб. / Ю. Р. Гроховська, С. В. Кононцев, Т. М. Колесник. – Рівне : НУВГП, 2010. – 161 с.

3. Клименко М. О. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління) / М. О. Клименко, С. С. Трушева, Ю. Р. Гроховська. – Рівне : Волинські обереги, 2004. – Т. 3. – 211 с.

4. Мальцев В. І., Карпова Г. О., Зуб Л. М. Визначення якості води методами біоіндикації : науково-методичний посібник / В. І. Мальцев, Г. О. Карпова, Л. М. Зуб. – К. : Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України, Недержавна наукова установа Інституту екології (ІНЕКО) Національного екологічного центру України, 2011. – 112 с.

5. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко та ін. ; за ред. В. Д. Романенка. – НАН України. Ін-т гідробіології. – К. : ЛОГОС, 2006. – 408 с.

6. Нетробчук І. М. Практикум із курсу «Методи гідроекологічних досліджень» / І. М. Нетробчук. – Луцьк : РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2007. – 76 с.

7. Хижняк М. І., Євтушенко М. Ю. Методологія вивчення угруповань водних організмів [Навчальний посібник] / М. І. Хижняк, М. Ю. Євтушенко – Київ : Український фітосоціологічний центр, 2014. – 269 с.

8. Швебс Г. І. Каталог річок і водойм України : навч.-довідк. посіб. / Г. І. Швебс, М. І. Ігошин ; за ред. Є. Д. Гопченка ; Одеський нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. – Одеса : Астропринт, 2003. – 392 с.

9. Юрасов С. М., Сафранов Т. А., Чугай А. В. Оцінка якості природних вод : навчальний посібник / С. М. Юрасов, Т. А. Сафранов, А. В. Чугай. – Одеський державний екологічний університет. – Одеса, 2011. – 164 с.

10. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. – Л. : Гидрометеоиздат, 1983. – 239 с.

Контрольні запитання та завдання

1. Які основні статистичні показники використовують в аналізі гідробіологічних угруповань?
2. Які структурні характеристики біоти використовують для характеристики стану водних об’єктів?
3. Які порівняльні індекси використовують для характеристики стану водних об’єктів?
4. Які методи біологічної індикації використовують для характеристики стану водних об’єктів?
5. Опишіть метод Пантле і Букка в модифікації Сладечека.
6. Що таке біотичний індекс Вудівісса?
7. Що таке біотичний індекс Майєра?
8. Опишіть принцип використання модифікованого індексу Майєра (для макрофітів).
9. Що показують олігохетний індекс Гуднайта-Уітлея та олігохетний індекс Пареле?
10. Опишіть Метод Ніколаєва.
11. У чому полягає комплексна оцінка якості води за еколого-санітарними показниками?

Навчальне видання

Надія Алимівна
СЕРБУЛОВА,

Ганна Володимирівна
НЄПЄІНА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичних робіт з дисципліни «Гідрологія та гідробіологія» галузі знань 10 «Природничі науки» спеціальності 101 «Екологія» освітньої програми «Екологія»

Методичні вказівки

Випуск 339

Редактор *А. Губкіна.* Технічний редактор *О. Петроченко.*
Комп'ютерна верстка *Н. Кардаш.*
Друк *С. Волинець*, фальцювально-палітурні роботи *О. Мішалкіна.*

Підп. до друку 09.06.2021.
Формат 60x84 1/16. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 3,02. Обл.-вид. арк. 1,68.
Тираж 5 пр. Зам. № 6266.

Видавець і виготовлювач: ЧНУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50–03–32, 8 (0512) 76–55–81, e-mail: rector@chmnu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6124 від 05.04.2018.