

Державний вищий навчальний заклад  
«Запорізький національний університет»  
Міністерства освіти і науки України

**К.О. Домбровський**

## **ГІДРОЛОГІЯ**

Навчально-методичний посібник  
до лабораторних занять  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та  
збалансоване природокористування»

Затверджено  
вченою радою ЗНУ  
Протокол № від 00.00.2016 р.

Запоріжжя  
2016

УДК: 556 (075.8)  
ББК: Д (4Укр) 22 я73  
Д 661

Домбровський К.О. Гідрологія: навчально-методичний посібник до лабораторних занять для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / К.О. Домбровський. – Запоріжжя: ЗНУ, 2016. – 88 с.

Проблема водозабезпечення стає однією з найактуальніших серед соціальних і науково-технічних проблем сучасності. Велика роль у її розв'язанні належить гідрології, котра вивчає водні ресурси, дає гідрологічне обґрунтування різноманітних програм, планів і проектів, у яких враховується водний фактор, обґрунтовуються заходи щодо раціонального використання й охорони природних вод.

В навчально-методичному посібнику до лабораторних занять з дисципліни «Гідрологія» наведено основні завдання для виконання та методику проведення гідрологічних досліджень, питання для самопідготовки та самоконтролю. У посібнику передбачені питання до модульних контрольних робіт, тестові завдання, окремо надано теми до виконання індивідуальних завдань.

Видання розраховане для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

Рецензент *Н.І. Лебедева*, кандидат біологічних наук, доцент

Відповідальний за випуск *О.Ф. Рильський*, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології

## *Зміст*

<b>Вступ</b> .....	4
<b>Розділ I Гідрологія річок. Гідрологія озер. Водні ресурси України</b> .....	6
Лабораторне заняття №1 Загальна гідрологічна характеристика річок України.....	6
Лабораторне заняття №2 Руслові процеси річок та їх характеристики.....	14
Лабораторне заняття №3 Загальна гідрологічна характеристика озер України.....	20
Лабораторне заняття №4 Термічний режим озер та хімічний склад озерних вод.....	26
Лабораторне заняття №5 Водні ресурси та гідрологічне районування України.....	32
Перелік питань та завдань для самоконтролю знань студентів з Розділу I.....	37
<b>Розділ II Гідрологія водосховищ. Гідрологія підземних вод. Гідрологія океанів і морів</b> .....	43
Лабораторне заняття №6 Загальна гідрологічна характеристика дніпровських водосховищ.....	43
Лабораторне заняття №7 Мінералізація та іонний склад води водосховищ дніпровського каскаду.....	49
Лабораторне заняття №8 Оцінка і класифікація якості води.....	55
Лабораторне заняття №9 Загальна гідрологічна характеристика підземних вод.....	61
Лабораторне заняття №10 Хвильовий рух, хвилювання, течії, та температурний режим в океанах і морях.....	68
Перелік питань та завдань для самоконтролю знань студентів з Розділу II.....	75
<b>Індивідуальні завдання</b> .....	80
<b>Термінологічний словник</b> .....	84
Рекомендована література.....	87

## ВСТУП

Гідрологія – наука про воду, яка займається вивченням природних вод, явищ і процесів, що в них відбуваються, та які визначають поширення вод по земній поверхні і в товщі землі та ґрунтів, а також закономірностей, за якими ці явища і процеси розвиваються. Гідрологія відноситься до комплексу наук, що вивчають фізичні властивості Землі, зокрема її гідросфери.

Предметом вивчення гідрології є водні об'єкти: океани, моря, річки, озера, водосховища, болота і скупчення вологи у вигляді снігового покриву, льодовиків, ґрунтових і підземних вод, і процеси, в них що відбуваються при взаємодії з атмосферою, літосферою і біосферою і з урахуванням впливу господарської діяльності людини.

Води поверхні Землі, атмосфери і літосфери тісно пов'язані між собою. Питання, що відносяться до діяльності вод на земній кулі одночасно розглядаються гідрологією, метеорологією, кліматологією, геологією, ґрунтознавством, геоморфологією, географією, картографією і іншими науками, що вивчають атмосферу і літосферу. Спирається гідрологія на фундаментальні науки – фізику (гідрофізика, гідромеханіка і гідравліка, термодинаміка), хімію (гідрохімія), математику, технічні науки, електроніку та інші.

На території України нараховується понад 73000 річок і струмків різної довжини і близько 20000 озер. Незначну частину її площі займають болота. Правильне використання водних ресурсів цих водних об'єктів в інтересах народного господарства значною мірою залежить від вивченості їхнього гідрологічного режиму.

Будівництво гідротехнічних споруд на річках та інших водоймах і водотоках істотно змінюють природний режим багатьох водних об'єктів. Це ставить перед гідрологією нові і складні завдання з вивчення режиму зарегульованих річок, каналів, водосховищ, водотоків на осушених та зрошувальних територіях.

Гідрологія має велике значення і для оборони країни, кордони якої частково проходять по морях та річках. Оборона морських рубежів вимагає знання глибини, режиму течій, хвилювання, коливання рівнів, прозорості морської води тощо. На суші водні об'єкти є природними рубежами, і тому необхідні дані про глибину і режим річок та озер, а для зимового періоду – ще й відомості про товщину і міцність льоду. Дуже важливими є дані щодо прохідності боліт.

Без знань з гідрології неможливе й вирішення актуальної проблеми сучасності – проблеми водозабезпечення, пов'язаної не стільки з кількісним, скільки з якісним виснаженням водних ресурсів, до якого спричинилося широкомасштабне використання їх різними галузями народного господарства і наступне скидання у водні об'єкти великої кількості стічних вод, котрі забруднюють природні води.

Даний курс займає базове місце в структурно-логічній схемі підготовки фахівця за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр», оскільки є

дисципліною, що використовує досягнення та методи фундаментальних і прикладних наук, зокрема: фізики, математики, хімії, біології і тісно пов'язана з практичною діяльністю людини.

Завдання курсу полягають в розгляді основних і найбільш загальних закономірностей процесів у водних об'єктів, виявленні їх взаємозв'язків з процесами, що протікають в атмосфері, літосфері і біосфері. Особливе значення при цьому має встановлення закономірностей кругообігу води на земній кулі, географічному розподілу різних гідрологічних характеристик у глобальному масштабі і розгляд гідрологічних процесів як найважливішого чинника у формуванні географічної оболонки Землі.

За підсумками вивчення курсу студент повинен знати:

- методи вивчення водних об'єктів;
- складові водних балансів водозаборів;
- будову гідрографічної мережі;
- походження річкових долин;
- фізико-географічні фактори формування водного режиму річок;
- фази водного режиму річок;
- методи розрахунку складових водного балансу;
- характеристику ознак термічного та льодового режиму річок;
- водойми та особливості їх водного режиму;
- динамічні процеси в водоймах.

Студент повинен вміти:

- володіти методами вивчення водних об'єктів;
- визначати структурні складові річкової мережі;
- визначати морфометричні та фізико-географічні характеристики річкових водозборів;
- визначати характеристики водного режиму річок: об'єм стоку, шар стоку, модуль стоку, коефіцієнт стоку.

## Розділ I

# ГІДРОЛОГІЯ РІЧОК. ГІДРОЛОГІЯ ОЗЕР. ВОДНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

### ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

**Тема:** Загальна гідрологічна характеристика річок України.

**Мета:** Розрахувати основні морфометричні характеристики водотоку та побудувати гідрографічну схему річки.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий матеріал, мапа гідрографічної сітки України, підручник з фізичної географії України, циркуль-вимірник, палетка, олівці, лінійка, калькулятор, аркуш міліметрового паперу.

**Теоретичний мінімум:** Річкою називається водний потік (водотік) що протікає в природному руслі і живиться водами поверхневого та підземного стоку свого басейну. До річок відносять лише постійні і відносно великі водотоки з площею басейну не менше 50 км<sup>2</sup>. Сукупність усіх річок, котрі скидають свої води через головну річку в океан, море чи озеро, називається річковою системою або річковою сіткою.

Річки України формують густу сітку водотоків, загальною довжиною понад 206,0 тис. км та щільністю річкової мережі 0,25 км на 1 км<sup>2</sup> території. За винятком Західного Бугу, який відноситься до басейну Вісли, всі інші річки належать до басейнів Чорного і Азовського морів.

Всього на території України нараховується 73 тис. назв рік, з яких малих (довжина до 10 км) – 68796, від 10 до 25 км – 3020, від 25 до 100 км – 968, від 101 до 500 км (середні за розміром ріки) – 123, більше 500 км (великі ріки) – їх 14.

До малих річок належать водотоки, водозбірна площа яких не більша від 2 000 км<sup>2</sup>. При цьому вона повинна розміщуватись в одній геоморфологічній зоні з характерним гідрологічним режимом. Водозбірні площі середніх річок відрізняються від малих значно більшою площею (2 001-50 000 км<sup>2</sup>). Вони розташовані, як правило, в межах однієї геоморфологічної зони. На відміну від малих і середніх річок, великі річки охоплюють не одну, а кілька геоморфологічних зон, які можуть істотно відрізнятись за характером водозбірної площі, яка перевищує 50 000 км<sup>2</sup>.

Для формування річкової системи важливим є геоморфологічні особливості і ландшафтна структура території. З її геологічною структурою пов'язане чергування височин і низовин, напрям і будова річкових долин та кількість терас в них. Наявність терас і їх будова відображають тривалість формування річкових долин і характер неотектонічних рухів земної поверхні. Що стосується ландшафту, то його можна розглядати як територіальну систему, яка охоплює обмежену площину земної поверхні і складається з взаємодіючих природних і антропогенних компонентів більш низького таксономічного рангу.

Геоморфологічна будова території та кліматичні особливості різних регіонів обумовили нерівномірність розгалуження річкової системи України та її водний стік.

У межах України поширені два класи ландшафтів: рівнинні і гірські. Своєрідністю природних властивостей відрізняються ландшафти екваторіальних комплексів, зокрема річок, озер, ставів, водосховищ, приморських рівнин і морів. На значній частині території України переважають антропогенно змінені природні ландшафти. Великі її площі залиті водою і перетворені у штучні водосховища. Такі ж процеси, але у менших масштабах відбулися і у заплавах малих річок, більшість з яких зарегульовані.

Один з найважливіших чинників, що впливає на формування водного стоку – дощові і снігові опади. В цьому відношенні територія України дуже неоднорідна. Кількість опадів суттєво змінюється як у напрямі із заходу на схід, так і з півночі на південь. Найбільш волого забезпеченими є північно-західна частина України, а найменше – степова, включаючи посушливий степовий Крим.

Живлення річок пов'язане з атмосферними опадами. Надходження води в річку називається живленням. Виділяють чотири види живлення річок: снігове, дощове, льодовикове, підземне.

Дощове живлення. Дощ характеризується шаром опадів (мм), тривалістю (хвилини, години, доба), інтенсивністю випадання (мм/хв, мм/рік) і площею поширення (км<sup>2</sup>).

Зі збільшенням інтенсивності, площі поширення і тривалості дощу збільшується величина паводка. Чим більше відношення між площею поширення дощу і площею басейну, тим також більша величина можливого паводку. Поповнення підземних вод відбувається під час тривалих опадів. Якщо вологість повітря незначна і сухий ґрунт у період випадання дощу, то необхідно більше витратити води на випаровування й інфільтрацію і тому величина дощового стоку менша. Навпаки, якщо дощі випадають на добре зволожений ґрунт при зниженій температурі повітря, то вони дають велику величину стоку.

Снігове живлення. В помірних широтах основними джерелами живлення річок являються води, що накопичуються в сніговому покриві. Сніг, у залежності від товщини снігового покриву, щільності і запасів води, під час танення може утворити різний шар води. Запаси води, снігу в басейні залежать від величини опадів узимку, що визначаються кліматичними умовами і розподіляються по площі басейну нерівномірно в залежності від висоти місцевості, експозиції схилів, нерівностей рельєфу, впливу рослинності та ін.

Слід розрізняти процеси сніготанення і водовіддачі снігового покриву, тобто надходження на поверхню ґрунту води, яка не утримується снігом. Сніготанення починається після досягнення температурою повітря позитивних значень і виникнення позитивного теплового балансу на поверхні снігу. Водовіддача розпочинається після сніготанення і залежить від фізичних властивостей снігу – зернистості, капілярних властивостей тощо. Стік виникає тільки після початку водовіддачі.

Весняне сніготанення поділяють на три періоди:

1. Початковий період – сніг залягає суцільним покривом, танення сповільнене, водовіддача снігового покриву практично відсутня, стік ще не формується;

2. Період сходу основної маси снігу – починається інтенсивна водовіддача, виникають проталини, швидко наростає величина стоку;

3. Період закінчення танення – закінчується танення запасів снігу.

Зона одночасного танення – це територія, де в даний момент відбувається танення снігу. Ця зона обмежена фронтом танення – лінія, що відділяє зону танення снігу від області, в якій ще не відбувається танення і тилом танення – лінія, що відділяє зону танення від області, в якій вже не має снігу. Ця зона переміщується восени на північ, а в горах – угору вздовж схилів.

Підземне живлення. Воно визначається характером взаємодії підземних (грунтових) і річкових вод. Залежить від взаємного положення рівня води в річці і рівня ґрунтових вод. У випадку постійного гідравлічного зв'язку річки і ґрунтових вод ріки отримують підземне живлення на протязі року, окрім періоду повені.

Льодовикове живлення. Це живлення мають тільки ті річки, що витікають із районів високих гір, і які мають льодовики. Величина щорічного льодовикового живлення річок у середньому складає 412 км, тобто 1% від загального об'єму річкового стоку.

Уперше роль клімату в живленні річок відзначив О.І. Воейков (1884). Сьогодні вважається, що річки є продуктом клімату на загальному фоні ландшафту.

Кількість води, яку одержують річки від того або іншого джерела живлення, неоднакова в різних районах і залежить в основному від кліматичних умов. Так, в жарких районах, де снігу не буває і ґрунтові води залягають на значній глибині, єдиним джерелом живлення річок є дощі. В районах із холодним кліматом, тривалою і сніжною зимою основна роль у живленні річок належить талим і ґрунтовим.

О.І. Воейков виділив такі типи річок за видами живлення:

Тип I. Річки, які одержують воду від танення снігу на рівнинах і невисоких горах (до 1 000 м). Це річки північної частини Азії (Колима, Нижня Тунгуска) і Північної Америки (Юкон та ін.), де сніговий покрив лежить 8-10 місяців.

Тип II. Річки, які одержують воду від танення снігу й льоду в горах (літнє водопілля). Це річки Середньої й Центральної Азії (Амудар'я, Сирдар'я та ін.).

Тип III. Річки, які одержують воду від дощу і мають водопілля влітку. Цей тип річок властивий регіонам із тропічними й мусонними дощами (Амазонка, Конго, Ганг, Амур та ін.).

Тип IV. Річки, в яких водопілля буває внаслідок танення снігу навесні або на початку літа, проте значну частину води вони одержують і від дощу. Це більшість річок Східної Європи, річки Скандинавії, північної частини США.

Тип V. Річки, які живляться переважно за рахунок дощів узимку. Це річки Середньої й Західної Європи, частково Британських островів та ін.



Тип VI. Річки, які мають дощове живлення. Водопілля на них узимку, в літню пору стік невеликий, можливе пересихання річок. Це річки Південної Європи, Північної Африки, Каліфорнії, Чилі, Нової Зеландії та ін.

Тип VII. Відсутність річок унаслідок посушливості клімату. Це річки пустель Сахара, Каракуми, Кизилкум, плоскогір'їв Центральної Азії та Північної Америки.

Тип VIII. Річки, які пересихають. Це річки Північного Криму, Східного Закавказзя, частини Монголії та ін.

Тип IX. Країни без річок, внаслідок того, що їхня територія повністю вкрита снігом і льодовиками.

У водному режимі річок відзначається закономірне чергування протягом року періодів підвищеної та низької водності, які відбивають зміни умов живлення річки. Ці періоди називаються фазами водного режиму. Основними фазами водного режиму є водопілля, межень літня та зимова, фаза осінніх дощових паводків.

Водопілля – це фаза водного режиму річки у період весняного сніготанення, що характеризується високою водністю. Кожне водопілля характеризується датою початку підйому та кінця спаду, датою проходження максимуму, об'ємом водопілля. За часом настання водопілля може бути весняним, весняно-літнім, літнім. За формою гідрографа весняне та весняно-літнє водопілля найчастіше буває одновершинним, а літнє – багатoverшинним, що пов'язане з коливанням температури повітря та зміною інтенсивності випадання дощів.

Паводок – це фаза водного режиму річки, що може багаторазово повторюватися в різні сезони року, характеризується інтенсивним збільшенням витрат і рівнів води внаслідок дощів чи сніготанення під час відлиг. За часом настання паводки можуть бути зимовими, літніми, осінніми (менш чітко виражені та менш регулярні) та протягом усього року. Гідрограф стоку паводків складний, багатoverшинний. Паводки поділяються на місцеві та транзитні, або верхові, які утворилися від дощів, котрі випали вище по течії. Об'єм води за паводок залежить від кількості опадів, тривалості їх та втрат на випаровування та просочування. Висота паводка залежить від інтенсивності дощу і морфології русла та заплави.

Межень – це фаза водного режиму річки, що повторюється щороку в одні й ті самі сезони та характеризується невеликою водністю, яка створюється внаслідок зменшення живлення річки. В цей час річка живиться в основному підземними (грунтовими водами). За часом настання межень буває літньою та зимовою, за характером коливання витрат – стійкою (степові рівнинні річки) і нестійкою, переривчастою (гірські річки); тривалою і короткою, за водністю – високою та низькою. Час настання і тривалість межень залежить від факторів, які визначають водний режим річок.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання.** Межею водозбору річки є вододільна лінія, яка відділяє даний річковий басейн від інших і розмежовує поверхневий стік сусідніх водозборів.

Вододільну лінію проводять у відповідності з рельєфом місцевості по найвищих відмітках. Замикається вододільна лінія біля гирла розрахункового створу (рис.1.1).

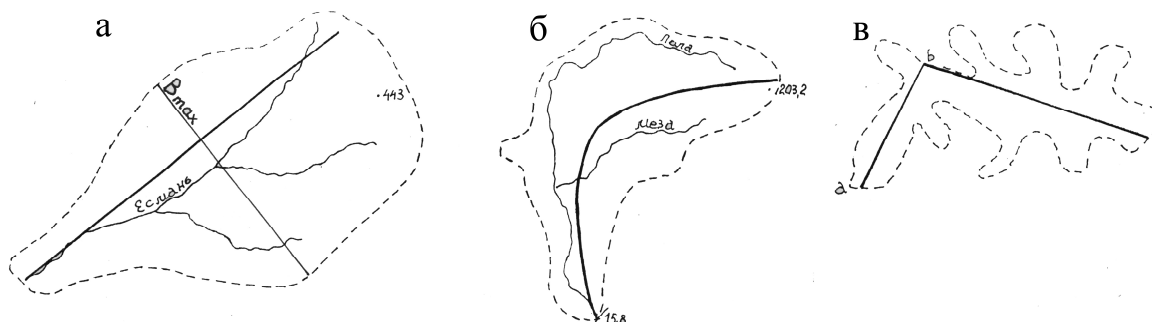


Рис. 1.1 – Довжина басейну річки: а – по прямій лінії; б – по медіані; в – по ламаній лінії.

Річковий басейн – це водозбір річки чи річкової системи. Площа басейну ( $F$ , км<sup>2</sup>) річки – це площа, яка обмежена вододільною лінією. Для її визначення використовують різні способи: графічний, геометричний і аналітичний. Оскільки вихідним матеріалом є карта дрібного масштабу, рекомендується використовувати графічний спосіб (спосіб квадратної палетки). При використанні цього методу заготовляють спеціальну палетку. На палетку наносять сітку з квадратами (сторони квадрату по 2 мм). В залежності від масштабу карти, за якою визначається площа контуру, знаходиться ціна поділу кожного квадрату в км<sup>2</sup>. Палетка наноситься на контур басейну і відраховується кількість повних квадратів і частка неповних. Загальна кількість квадратів у контурі помножена на ціну поділу дає площу басейну.

Довжина басейну річки ( $L_b$ ) – це відстань від гирла до найвіддаленішої протилежної точки басейну. Ця лінія завжди знаходиться у контурі басейну. При правильній формі басейну довжина визначається по прямій лінії від гирла до найвіддаленішої точки басейну. Якщо басейн вигнутий чи складної форми, то довжина визначається циркулем-вимірником розхилом (1-2 мм) по медіані або пряма лінія замінюється на ламану, котра повторює контури русла (рис. 1.1). Виміряну довжину басейну (у см) переводимо в кілометри, із точністю до 0,1 км.

Середня ширина басейну річки ( $B_{сер}$ , км) розраховується за формулою:

$$B_{сер} = \frac{F}{L_b}, \tag{1.1}$$

де  $F$  – площа річкового басейну, км<sup>2</sup>;  
 $L_b$  – довжина річкового басейну, км.

Максимальна ширина басейну ( $B_{max}$ , км) визначається як довжина прямої, перпендикулярної до довжини басейну в його найширшому місці.

Коефіцієнт розвитку вододільної лінії басейну ( $m$ ), що характеризує конфігурацію річкового басейну і являє собою відношення довжини вододільної лінії ( $S$ ) до довжини кола круга ( $S'$ ), площа якого дорівнює площі басейну ( $F$ ). Він обчислюється за формулою:

$$m = \frac{S}{S'} = \frac{S}{2\sqrt{\pi F}} = 0,282 \frac{S}{\sqrt{F}} \quad (1.2)$$

Найменше можливе значення коефіцієнта ( $m$ ) дорівнює одиниці, а з його збільшенням форма річкового басейну дедалі більше відрізняється від форми круга.

Довжина вододільної лінії ( $S$ ) вимірюється циркулем-вимірником розхилом 1-2 мм і визначається як середнє із 2-3 вимірів. Значення довжини вододільної лінії у сантиметрах необхідно помножити на масштаб карти для визначення довжини вододільної лінії у кілометрах. Довжина вододільної лінії розраховується за формулою:

$$S = n a, \quad (1.3)$$

де  $n$  – середнє значення розхилу циркуля-вимірника;  
 $a$  – масштаб карти.

Коефіцієнт асиметрії ( $a$ ) – характеризує нерівномірність розподілу площ лівобережної й правобережної частин басейну. Визначається за формулою:

$$a = \frac{F_l - F_{np}}{F_l + F_{np}} \quad (1.4)$$

де  $F_l$  – площа лівобережної частини басейну, км<sup>2</sup>;  
 $F_{np}$  – площа правобережної частини басейну, км<sup>2</sup>.

За міру звивистості приймають коефіцієнт звивистості, який дорівнює відношенню довжини головної річки ( $L$ , км) до довжини прямої ( $L'$ ), яка сполучає гирло і початок річки:

$$K = \frac{L}{L'}, \quad (1.5)$$

Довжина головної річки ( $L$ , км) і довжина її приток ( $l_1, l_2, l_n$ ) визначається по карті циркулем-вимірником розхилом 1-2 мм дворазовим ходом (від гирла до витoku і від витoku до гирла). Розходження повинні бути не

більше 2%. Довжина головної річки вимірюється від гирла до місця впадіння 1 притоки, потім від 1 притоки до другої і т.д. За даними вимірювань складається табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Довжина річки

Масштаб карти \_\_\_\_\_

Назва ділянки	Кількість відкладів розхилу циркуля			Довжина, км	Довжина, яка зростає від гирла до витоків, км
	перше вимірювання	друге вимірювання	середнє		

Загальна довжина головної річки ( $L$ ) \_\_\_\_\_ км.

Довжина прямої, яка з'єднує витік із гирлом ( $L'$ ) \_\_\_\_\_ км.

Так само за даними вимірювань визначаємо довжину приток річки та складаємо (табл.1.2).

Таблиця 1.2 – Довжина приток річки

Масштаб карти \_\_\_\_\_

Назва притоки	Кількість відкладів розхилу циркуля			Довжина водотоку, км	Поправочний коефіцієнт	Істинна довжина, км
	перше вимірювання	друге вимірювання	середнє			

Загальна довжина приток ( $\sum L$ ) \_\_\_\_\_ км.

Протяжність річкової мережі ( $\sum L$ ) визначається як сума головної річки і всіх її приток.

Точність вимірювання довжини річки циркулем-вимірником залежить від характеру її мікрорельєфності, тому в одержані вимірювання (до таблиць 1.1 та 1.2) вводиться поправочний коефіцієнт на звивистість.

Коефіцієнт густоти річкової мережі ( $D$ , км/км<sup>2</sup>) визначається за формулою:

$$D = \frac{\sum L}{F}, \quad (1.6)$$

де  $\sum L$  – загальна довжина річкової мережі, км;

$F$  – площа річкового басейну, км<sup>2</sup>.

За даними табл. 1.1 та 1.2 будуємо гідрографічну схему річки та її головних приток (рис. 1.2).

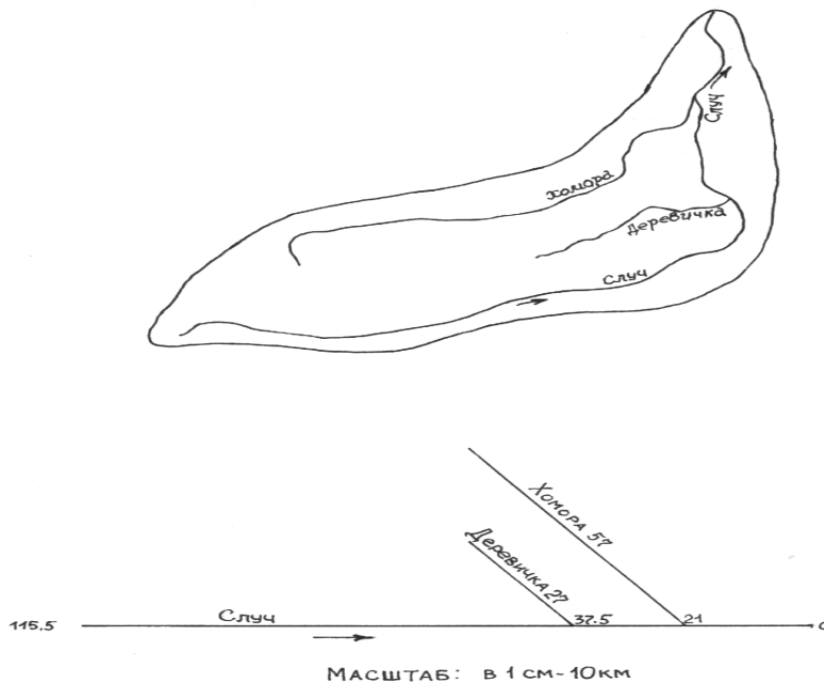


Рис. 3. Гідрографічна схема річки

Рис. 1.2 – Гідрографічна схема річки.

Схема виконується на аркуші білого або міліметрового паперу. Головна річка зображується у вигляді прямої лінії, притоки першого порядку – у вигляді відрізків прямої під кутом 30-45° до головної річки. Притоки другого, третього порядку та інші зображуються так само. Схема виконується в масштабі. Стрілкою показується напрямок течії річки.

За даними результатів виконаної роботи скласти опис річки і її басейну.

#### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Охарактеризувати вододіли.
2. Дайте фізико-географічну характеристику річкових басейнів.
3. Проаналізуйте будову річкових долин.
4. Дайте характеристику поздовжнього профілю річки.
5. Охарактеризуйте поперечний профіль річки.

#### **Контрольні питання:**

1. Що таке річка, із яких частин вона складається?
2. Яка різниця між басейном та водозбором річки?
3. Що таке вододіли річкових басейнів?
4. Які морфометричні характеристики річкового басейну?
5. Як визначали довжину вододільної лінії?
6. Яким способом визначали площу басейну річки?
7. Дайте визначення довжини басейну і як можна її визначити?

8. Як визначити середню й максимальну ширину річки?
9. Як можна визначити коефіцієнт асиметрії басейну? Що характеризує цей коефіцієнт?
10. Як можна визначити коефіцієнт розвитку вододільної лінії? Що характеризує цей коефіцієнт?
11. Дайте визначення довжини річки і річкової мережі.
12. Дайте визначення коефіцієнта густоти річкової мережі.
13. Як можна визначити коефіцієнт звивистості річки.
14. Які основні джерела живлення річок?
15. Якими основними факторами обумовлюється водоносність річок і як вона змінюється?
16. Дайте визначення водопілля, паводка та межени.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

**Тема:** Руслові процеси річок та їх характеристики.

**Мета:** Визначити середній багаторічний стік річки за гідрологічними спостереженнями.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий матеріал, аркуш міліметрового паперу, олівці, лінійка, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** Річковий стік – це сформований на суші стік, який потрапляє під дією гравітаційних сил до річкової мережі. Він включає в себе стік води, наносів, розчинених речовин та тепла. Формування річкового стоку – складний багатофакторний процес, який складається з великої кількості часткових процесів і регулюється прямими та зворотними зв'язками, які локалізовані в межах річкового басейну. Тому під процесом формування стоку слід розуміти не тільки безпосереднє надходження води, яка здатна до подальшого стікання, але й весь комплекс певної групи часткових процесів, які разом складають наземну частину гідрологічного циклу (колообігу води у природі). Отже, наведемо основні процеси, які формують стік:

1. Процеси та явища на поверхні басейну.
2. Процеси і явища у ґрунті та приповерхневій товщі гірської породи.
3. Руслова трансформація і трансляція в замикаючий створ води, яка потрапляє в гідрографічну мережу річкового басейну, яка полягає в перерозподілі цієї води в часі.
4. Стік води в замикаючому створі – підсумок взаємодії розглянутого комплексу процесів.

До процесів та явищ на поверхні річного басейну відносяться:

- випадіння опадів;
- обмін тепловою енергією басейна з атмосферою і космічним простором;
- перехоплення дощових крапель рослинним покривом;
- формування снігового покриву;
- сніготанення та руйнування снігового покриву;
- водовіддача від снігу;
- інфільтрація та формування поверхневого стоку;

- затримка частини поверхневого стоку в безстічних від'ємних формах мікрорельєфу схилів;
- доруслова трансформація поверхневого стоку внаслідок накопичення та стікання води на поверхні схилів.

До процесів і явищ у ґрунті та приповерхневій товщі гірської породи належить:

- динаміка теплової енергії;
- динаміка ґрунтових вод;
- випаровування;
- підземний стік та його доруслова трансформація.

Річковий стік має певні кількісні характеристики, які застосовуються в гідрології.

Об'єм стоку води – це об'єм води, яка пройшла через даний поперечний перетин річкового потоку за який-небудь інтервал часу.

Шар стоку – це кількість води, яка стікає з водозбору за який-небудь інтервал часу, яка дорівнює товщині шару, рівномірно розподіленого за площею водозбору.

Модуль стоку води – це кількість води, яка стікає з одиниці площі водозбору за одиницю часу.

Коефіцієнт стоку – це відношення величини (об'єму або шару) стоку до кількості атмосферних опадів, що випали на площі водозбору.

Руслові процеси – це постійні зміни морфологічної будови річкового русла та заплави, які обумовлені дією потоку води. Руслові процеси проявляються у взаємодії потоку та русла річки. Конкретні прояви руслових процесів у вигляді зміни положення і розмірів русла, заплави та окремих руслових утворень у вигляді розмиву чи намиву дна і берегів, називають русловими деформаціями. Фізичною причиною їх утворення є порушення балансу наносів на тих чи інших ділянках річкового русла. За направленістю руслові деформації ділять на розмив (ерозія) та намив (аккумуляція наносів). Також їх поділяють на вертикальні і горизонтальні; оборотні та необоротні. Руслові утворення, які підлягають деформаціям, – це скупчення наносів, що утворюють характерні форми рельєфу річкового русла та заплави різного розміру – мікро,- мезо- і макроформи. До мікроформ відносять донні гряди, які переміщуються в руслі, розміри яких менше глибини русла. Мезоформи – це також гряди, які складаються із наносів, але більш крупного розміру, з поперечними розмірами самого русла. До мезоформ відносять річкові перекати, осередки, невеликі острови. Макроформами називають крупні, морфологічно однорідні ділянки річкового русла, представлені відносно прямолінійними ділянками, звивинами. Руслові процеси нерозривно пов'язані з переносом у річковому потоці наносів.

Вивчення руслових процесів має велике практичне значення, тому що від характеру та інтенсивності руслових деформацій залежить робота водного транспорту, експлуатація водозбірних споруд, мостових переходів, дюкерів газо- і нафтопроводів через річки і т. д.

З природних факторів на протікання руслових процесів може здійснювати вплив рельєф, температура повітря, кількість опадів та інші. Їх вплив своєрідний для різних природних зон та ландшафтів.

Що стосується антропогенного впливу, то існує два основних шляхи впливу людини на стік. Це здійснення впливу на клімат і погоду с одного боку, та на природні ландшафти як стокоформуючі комплекси, з іншого.

Всі господарські заходи, які здійснюють вплив на річковий стік, можна поділити також на дві великі групи. До першої групи відносять ті види господарської діяльності, які не пов'язані безпосередньо із забором води з річок і перетворенням режиму самих річок. Ці заходи побічно впливають на стік річок – через зміни елементів водного балансу в річкових басейнах та через зміни умов стоку талих і дощових вод зі схилів, які супутні перетворенню поверхні річкового басейну. Це вирубування лісу та його відновлення, осушення боліт і заболочених земель, агротехнічні заходи, урбанізація території. До другої групи відносять такі види господарської діяльності, які пов'язані з вилученням, територіальним розподілом і перерозподілом самого річкового стоку: забір вод на зрошення земель, промислове і комунальне водопостачання, «перекидання» вод з інших басейнів, регулювання стоку за допомогою водосховищ і т. д. В результаті цих водогосподарських заходів може змінитися як величина стоку, так і його внутрішньорічний розподіл.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання.** Визначення середнього багаторічного стоку річки за гідрологічними спостереженнями.

Річний стік певного року залежить від атмосферних опадів і випаровування даного року, а також від опадів та випаровування попередніх років. Опади, випаровування та інші метеорологічні чинники безпосередньо впливаючи на величину річкового стоку також певним чином можуть змінюватись з часом. Ці зміни мають випадковий характер і у більшості випадках за ними не можна заздалегідь передбачити точний результат їх сумісної дії.

Гідрологічні явища звичайно характеризуються асиметричним розподілом, причому розподіл річного і максимального стоку мають позитивну асиметрію, а ряди максимального рівня навпаки часто негативну асиметрію.

Особливості розподілу гідрологічних характеристик у більшості випадках виражають у вигляді біномінальної кривої забезпеченості. Для того щоб побудувати криву забезпеченості необхідно знати такі наступні параметри: середнє арифметичне значення ряду, коефіцієнт варіації (мінливості) ряду та коефіцієнт асиметрії.

Коефіцієнт варіації необхідно розраховувати за формулою:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (k-1)^2}{n-1}}, \quad (2.1)$$



де  $k$  – модульний коефіцієнт.

Коефіцієнт асиметрії розраховують за формулою:

$$C_s = 2C_v, \quad (2.2)$$

За даними гідрологічних показників багаторічного стоку річки Прут (табл. 2.1) необхідно розрахувати коефіцієнт варіації і асиметрії багаторічного стоку цього водотоку та побудувати криву забезпеченості річних витрат, залежність забезпеченості річних витрат ( $p$ ) виразити у відсотках.

Графік забезпеченості річних витрат будується на стандартному аркуші міліметрового паперу. У масштабі на горизонтальній осі відкладають значення ймовірного перевищення емпіричних точок ( $p$ ), на вертикальній – відповідні витрати води ( $Q_i$ ).

Модульний коефіцієнт визначають із відношення стоку даного року ( $Q_i$ ) до середнього багаторічного значення ( $Q$ ) стоку:

$$k = \frac{Q_i}{Q}, \quad (2.3)$$

Модульний коефіцієнт характеризує водність даного року. якщо значення модульного коефіцієнту більше 1,0 то роки багатоводні, якщо менше 1,0 – маловодні. Сума модульних коефіцієнтів за певну кількість років має дорівнювати кількості років. Розраховані модульні коефіцієнти заносяться до табл. 2.1.

Значення ймовірного перевищення емпіричних точок розраховуються для кожного члену ряду величин річного стоку за формулою:

$$p = \left( \frac{m-0,3}{n+0,4} \right) 100\%, \quad (2.4)$$

де  $m$  – порядковий номер члену ряду величини стоку, розташованих у порядку убивання;

$n$  – загальна кількість членів ряду (досліджених років).

Витрата води ( $Q$  м<sup>3</sup>/с) – це об'єм води (у м<sup>3</sup>), що протікає через живий переріз водотоку за одиницю часу (секунду) і може бути визначена за формулою:

$$Q = \frac{\sum Q_i}{n}, \quad (2.5)$$

де  $\sum Q_i$  – сума середньорічних витрат води за весь період дослідження;

$n$  – кількість років спостережень.

Таблиця 2.1 – Гідрологічні показники багаторічного стоку р. Прут за (1984-2014 рр.)

№	Рік	$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	$k = Q_i / Q$	$k - 1$	$(k - 1)^2$	$p\%$
1	1984	287				
2	1985	390				
3	1986	332				
4	1987	330				
5	1988	205				
6	1989	280				
7	1990	194				
8	1991	161				
9	1992	308				
10	1993	511				
11	1994	418				
12	1995	330				
13	1996	272				
14	1997	192				
15	1998	193				
16	1999	271				
17	2000	209				
18	2001	180				
19	2002	133				
20	2003	130				
21	2004	154				
22	2005	212				
23	2006	186				
24	2007	146				
25	2008	307				
26	2009	269				
27	2010	307				
28	2011	204				
29	2012	282				
30	2013	372				
31	2014	246				
Разом ( $\Sigma n$ )						

Після розрахунку значень модульних коефіцієнтів для річки Прут будується графік зміни річних витрат води для цього водотоку. Графік модульних коефіцієнтів будується на стандартному аркуші міліметрового паперу. Наприклад графік річних витрат води або модульних коефіцієнтів для річки Сіверський Донець можна побачити на рисунку 2.1.

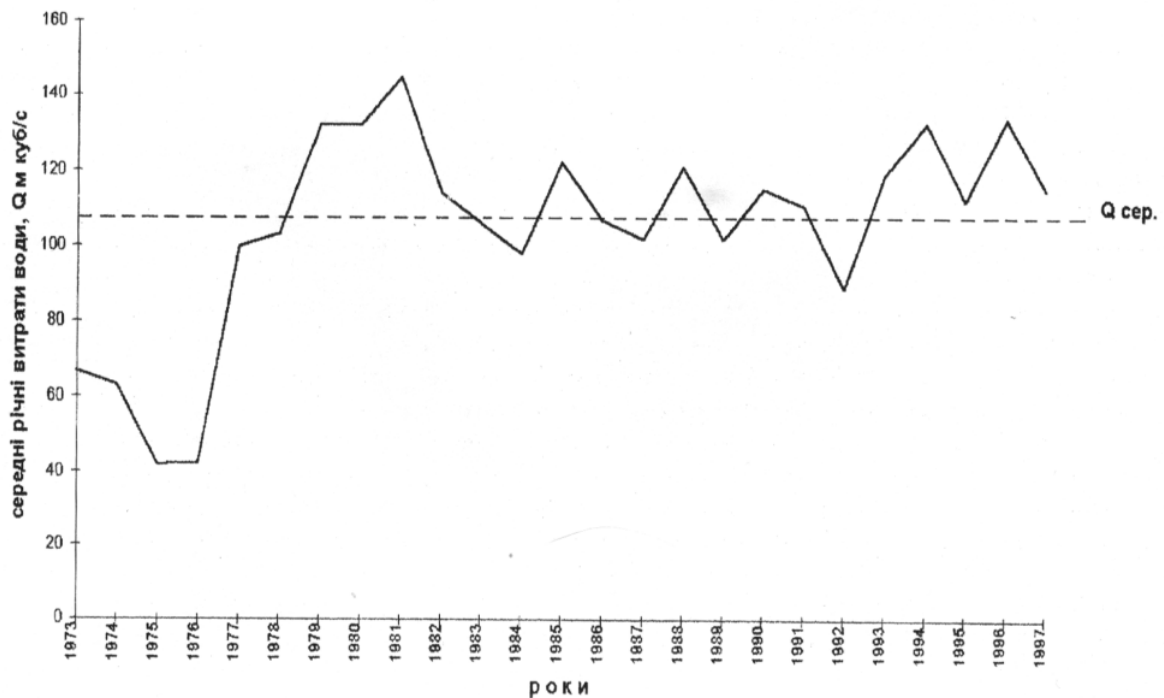


Рис.1. Середні річні витрати води р.Сіверський Донець – с.Яремівка

Рис. 2.1 – Річні витрати води річки Сіверський Донець.

У масштабі на горизонтальній осі відкладають роки, на вертикальній – відповідні витрати або модульні коефіцієнти. Точки сполучають під лінійку. На графіку слід провести горизонтальну лінію, яка відповідає величині середнього багаторічного стоку, або модульного коефіцієнта, рівного 1,0.

За результатами обчислень і побудованого графіку необхідно зробити аналіз ходу стоку річки, зміни її водності, виділити багатоводні та маловодні періоди.

#### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Дайте характеристику річковому стоку.
2. Охарактеризуйте водоносність річок та її внутрішньорічний розподіл.
3. Проаналізуйте максимальний і мінімальний стік річок.
4. Прокоментуйте енергію і роботу річок.
5. Прокоментуйте з чого складаються річкові наноси.

#### **Контрольні питання:**

1. Дайте визначення стоку.
2. Які основні характеристики стоку?
3. Дайте визначення витрати води.
4. Як визначається об'єм стоку?
5. Як визначається модуль стоку?
6. Як визначається коефіцієнт стоку?
7. Як визначається модульний коефіцієнт стоку? Що він характеризує?

### ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

**Тема:** Загальна гідрологічна характеристика озер України.

**Мета:** Визначення природно-часового фактору озера.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий матеріал, аркуш міліметрового паперу, олівці, лінійка, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** Озера – це природні водойми, які утворилися в поглибленнях суші (котловинах) і заповнені в межах свого ложа прісними або солоними водами. Котловини озер за походженням поділяють на тектонічні, льодовикові, річкові (стариці), приморські (лагуни, лимани), провальні (карстові, термокарстові), вулканічні (у кратерах згаслих вулканів), завально-запрудні.

Загальна площа, на якій розташовані озера оцінюється приблизно 2 млн км<sup>2</sup> із сумарним об'ємом понад  $1,76 \cdot 10^{14}$  м<sup>3</sup> прісної води. Близько половини озерних вод є солоними, причому переважна частина озерних солоних вод скупчена в найбільшому безстічному озері – Каспійське море.

З прісноводних озер найбільшими за об'ємом є Байкал ( $23 \cdot 10^{12}$  м<sup>3</sup>), Танганьїка (18.9 10 м), Верхнє (16.6 10 м). На земній поверхні найбільше озеро за площею – це солонувате Каспійське море (374000 км<sup>2</sup>), із прісних озер – Верхнє (82680 км<sup>2</sup>).

Відмінність озера від річки полягає в тому, що головною рушійною силою річки є градієнт сили тяги, а в озерах – вітер.

Від моря озера відрізняються відсутністю постійного водообміну з океанами; у режимі озера істотний вплив мають форма і розміри улоговини, а для моря цей фактор менш відчутний, крім того, режим озера тісно пов'язаний з географічними особливостями навколишнього середовища.

За походженням озерні улоговини можуть бути наступними.

Тектонічні улоговини розташовуються в прогинах земної кори на рівнинах (Ладозьке, Онезьке, Верхнє), у прогинах у горах (Маркаколь, Іссик-Куль, Алаколь), у передгірських западинах (Балхаш), у містах великих тектонічних тріщин (Байкал, Танганьїка). Вони великі за розмірами та глибокі.

Вулканічні улоговини розташовані у кратерах згаслих вулканів (озера на о. Ява, озера Больсена, Альбена, Авернське в Італії, Кроноцьке на Камчатці), серед лавових полів або в долинах річок, перегороджених лавою. Озера поширені в областях давньої або сучасної вулканічної діяльності (Японія, Сицилія, Ісландія, Закавказзя, Камчатка).

Улоговини річкового походження пов'язані з ерозійною і акумулятивною діяльністю річок. До цієї групи озер належать:

- 1) озера-стариці зустрічаються в заплавах річок;
- 2) плесові озера являють собою розрізнені плеса пересохлих річок;
- 3) дельтові озера утворюються в дельтах великих річок.

На річках виникають і долинні улоговини, що утворюються в результаті гірських обвалів (завальні улоговини озер Сарезького на р. Мургаб, Гекгель на

р. Аксу та ін.), або в результаті підпряження річок конусами виносу бокових притоків (часто в результаті селевих паводків).

Улоговина морського походження: лагуни та лимани морських узбереж, які утворилися переважно внаслідок відокремлення від моря заток наносами (узбережжя Чорного, Білого, Балтійського морів).

Льодовикові улоговини утворилися внаслідок дії льодовика. Льодовикові озерні улоговини поділяють на:

- 1) льодовиково-ерозійні, які виникли на кристалічних масивах Скандинавії, Канади;
- 2) карові виникли на схилах гір (Альпи, Кавказ, Памір тощо);
- 3) льодовиково-аккумулятивні (моренні) утворилися внаслідок аккумулятивної діяльності льодовиків і типові для Прибалтики, Полісся, північного заходу Росії;
- 4) прильодовикові утворилися внаслідок моренно-аккумулятивної діяльності льодовика чи внаслідок підпруження річок безпосередньо льодовиком;
- 5) надльодовикові, які виникають безпосередньо на льодовику.

Особливу категорію льодовикових озер складають ще мало дослідженні озера, які розташовані в районах покривного заледеніння, Наприклад в Антарктиді. В останні роки в Антарктиді відкрито і досліджено значна кількість великих і малих озер, що мають різну площу, температуру, мінералізацію води, льодовий режим (є озера, які скресають влітку або завжди знаходяться під льодом). Прикладом може бути озеро Схід, яке відкрите недавно поблизу російської станції "Восток" в Антарктиді. Дзеркало цього озера знаходиться нижче поверхні льодовикового щита приблизно на 3800 м. Воно має площу більше 10000 км, довжину 250 км, ширину 50 км, глибину 750 м.

Карстові улоговини утворюються у районах поширення вапняків, гіпсів, доломітів і утворюються під дією впливу підземних вод на розчинні породи. Улоговини цих озер мають правильну овальну або округлу форму і досить значну глибину. Це озера Кримських гір, басейну р. Онега, Кавказу та ін.

Термокарстові улоговини утворюються в областях розвитку вічної мерзлоти внаслідок танення підземних пластів та лінз льоду. Це озера тундри та тайги, особливо характерні для району Якутії.

Суфозійні улоговини виникають внаслідок осідань, викликаних вимиванням підземними водами із ґрунту дрібних часток і цементуючих речовин. Ці озера поширені в степових і лісостепових районах (наприклад на півдні Західного Сибіру).

Еолові улоговини утворюються внаслідок дії вітру в міждюнных зниженнях або в улоговинах видування. Це озера Прибалтики, Казахстану, Середньої Азії.

Метеоритні улоговини виникли внаслідок падіння метеоритів (оз. Каалі в Естонії).

На Україні нараховується біля 20 тис. озер та лиманів із площею дзеркала 4021,5 км<sup>2</sup>, найбільше за площею дзеркала прісне озеро Ялпуг (149 км<sup>2</sup>) та

солоні водойми – озеро Сасик – 210 км<sup>2</sup> і Молочний лиман – 170 км<sup>2</sup>. На Україні більша кількість озер (7 тис.) з площею дзеркала 0,1 км<sup>2</sup>.

В Україні карстові озера є на Поліссі і в деяких регіонах степової зони. Одне з найбільших – оз. Світязь, що знаходиться на Волині. Утворення котловини цього озера пов'язане з розмиванням крейдяних порід, внаслідок чого і утворилось поглиблення земної поверхні. Також тут на Поліссі біля селища Шацьк знаходиться група (біля 30) озер, загальна площа яких складає 70 км<sup>2</sup>. Шацькі озера розташовані у межиріччі Західного Бугу і Прип'яті на території, яку займає Шацький національний природний парк, загальною площею 32,5 тис. гектарів. Він був утворений з метою збереження всіх унікальних природних комплексів у північно-західній частині Волинського Полісся в 1983 році. На території Шацького національного природного парку розташовано 21 живописне озеро. До цієї групи належать озера, більшість з яких з'єднуються між собою штучно створеними каналами, побудованими з метою меліорації болотних масивів та регулювання стоку під час весняної повені. Через канали деякі Шацькі озера сполучаються з Західним Бугом та Прип'яттю.

Відносно походження Шацьких озер науковці не мають однакової думки. Академік Павло Аполлонович Тутковський в 1899 році провів перші геологічні та лімнологічні дослідження волинських озер і пов'язав їх походження з дією льодовика.

У степовій зоні біля м. Слов'янська є невеликі за площею озера (Рейсове, Ріпне, Сліпне), їх котловини заповнились водою після розмивання покладів солі, близько розташованих до поверхні землі.

Завально-запрудні озера утворюються внаслідок завалу гірською породою ущелин або річкових долин. Вони характерні для гірської місцевості. До найбільших (площа 700 м<sup>2</sup>, глибина 16-24 м) таких озер належить оз. Синевір, що знаходиться на висоті 988 м в Українських Карпатах. Такого ж типу і оз. Бребенескул, також розташоване в гірській частині Карпат. У Закарпатті налічується близько 137 завальних за походженням озер загальною площею 3,69 км<sup>2</sup>. На території Українських Карпат до вулканічних, або кратерних, належать озера Липовецьке, Синє та Ворочівське.

Окрему групу становлять озера, які відокремились від морів та естуаріїв річок. Це, зокрема, придунайські озера, яких налічується 26. Усі вони мілководні (максимальна глибина від 2,7 до 6,0 м), з'єднуються між собою природними та штучно створеними протоками та каналами, сполучені з Дунаєм, від якого залежить їх водність. У далекі часи вони були пониззям повноводних річок, які впадали в естуарії древнього Дунаю. Поступово приморська частина дельти замулювалась внаслідок виносу завислих часток, що призводило до відчленування витoku річок від моря та перетворення їх в озера-лимани.

У 50-60 рр. ХХ ст. на значній частині озер побудовано дамби, а на водостоках, що сполучали озера з Дунаєм, створені водорегулюючі системи. Завдяки водорегулюванню більшою стала водність цих озер, і вони нагадують

водоймища озерного типу. В них з'явилися великі масиви водяної та повітряно-водяної вищої рослинності, з'являються ознаки заболочування.

Серед придунайських озер найбільше – оз. Ялпуг. Його довжина 25 км, ширина на різних ділянках – від 2 до 7 км, середня глибина – 2,6 м, максимальна – 6 м. Площа водного дзеркала становить 149 км<sup>2</sup>. Піщаний пересип відокремлює від нього озеро Кугурлуй (площа 82 км<sup>2</sup>), яке протоками з'єднується з Дунаєм і живиться його водами. Між Ізмаїлом та Кілією розташовані досить великих розмірів озера Катлабух (67 км<sup>2</sup>) та Китай (60 км<sup>2</sup>).

Посилення антропогенного впливу на придунайські озера-лимани (зариблення рослиноїдними видами, порушення безпосереднього зв'язку із Дунаєм, посилення сільськогосподарської діяльності на площі водозбору, використання водойм в якості джерел водопостачання) змінило середовище існування гідробіонтів. Клас води більшості водойм став сульфатно-натрієвим, лише в озері Кагул вода залишилася гідрокарбонатно-натрієвою. В озері Кугурлуй в залежності від сезону року гідрохімічні показники змінюються від гідрокарбонатно- до хлоридно-натрієвих. Загальна мінералізація води в цих водоймах коливається в межах від 423 до 3 385 мг/л, вміст хлоридів – від 17,2 до 556,3 мг/л, сульфатів – 74,2-1 628,2 мг/л. Стан кисневого режиму в водоймах у порівнянні з дослідженнями минулих років погіршився. Прямий і опосередкований антропогенний вплив призвів до змін більшості інших гідрохімічних показників (Гидроэкология..., 1993).

Багато озер розташовано в прибережних зонах Чорного моря. Тільки в степовому Криму їх налічується понад 50. Солоність води в них коливається від 10 до 19 ‰. Найбільші серед них – Сасик (73,5 км<sup>2</sup>), Саки (97 км<sup>2</sup>), Донузлав (48 км<sup>2</sup>), Агульське (37,5 км<sup>2</sup>), Актикшське (26,8 км<sup>2</sup>), Червоне (23,4 км<sup>2</sup>). Крім кримського озера Сасик в Одеській області є озеро, яке також називається Сасик. Воно утворилося після відгородження греблею від Чорного моря Сасикського морського лиману та його розпріснення дунайською водою, яка подається по каналу Дунай-Сасик протяжністю 14 км.

На території України налічується понад три тисячі озер, а площа їх водного дзеркала становить близько 0,3 % території. За винятком окремих відносно великих озер, понад 40 озер мають площу 10 км<sup>2</sup> і більше. Переважна більшість – це невеликі водойми.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання.** У процесі свого розвитку озера або озерні екосистеми проходять ряд різних стадій. Спочатку першу стадію (стадію «молодості»), потім «зрілості» й останню стадію – «старіння». Всі ці стадії розвитку озер обумовлені накопиченням у водоймах відкладів та заростанням вищої водяної рослинності.

«Молоді» озера – це глибокі водойми, з достатнім поповненням свіжою водою з гідрографічної мережі чи підземних вод, і такі, що мають вільний витік. «Молодість» водойми визначається глибиною (або інтенсивністю замулення), об'ємом водної маси, поверхнею водного дзеркала, а також інтенсивністю водообміну на протязі гідрологічного циклу.

«Старіючі» озера – мілководні, замулені, добре прогріваються, в них створюються оптимальні умови для фотосинтезу макрофітів і мікродоростей. Це, як правило, призводить до інтенсивного поглинання біотою розчиненого у воді кисню, в подальшому його дефіциту, а у зимовий період може призвести до постійних заморів риби. До таких евтрофних озер відносяться заплавні озера та стариці.

Визначення природно-часового фактору –  $S$  проводиться за формулою:

$$S = \frac{0,01 \text{ км}^3}{F h n k_1 k_2}, \quad (3.1)$$

де  $0,01 \text{ км}^3$  – водна маса озера;

$F$  – поверхня водного дзеркала,  $\text{м}^2$  або  $\text{км}^2$ ;

$h$  – середня глибина водойми,  $\text{м}$  або  $\text{км}$ ;

$n$  – інтенсивність водообміну, кількість циклів змін водної маси на протязі року (разів);

$k_1$  – коефіцієнт біопродуктивності, прийнятий по відношенню до маси аборигенної іхтіофауни, вловлюваної в еталонній водоймі, до маси фактичного вилову в озері або за продуктивністю інших ценозів (дорівнює 1);

$k_2$  – коефіцієнт видового різноманіття, розрахований по відношенню кількості видів біоценозу (таксонів) еталонної водойми до фактично визначеної (за іхтіофауною, фітопланктоном або бентосом, тощо), який дорівнює 1.

Кратність водообміну  $n$  (озера, ставу, стариці, водосховища) визначається, як відношення маси води, що виноситься в гідрографічну мережу ( $Q_{\text{витоку}}$ ), до маси води, що знаходиться в озері в період зимової або літньої межени ( $W_{\text{межени}}$ ) за розрахунковий гідрологічний цикл (рік), тобто:

$$n = \frac{Q_{\text{витоку}}}{W_{\text{межени}}}, \quad (3.2)$$

$$\text{або } n = \frac{(q_{\text{вип.}} + q_{\text{інф.}} + q_{\text{забір.}})}{F h}, \quad (3.3)$$

де  $q_{\text{вип.}}$  – випаровування води з озера;

$q_{\text{інф.}}$  – інфільтрація (природна або в наслідок інших чинників);

$q_{\text{забір.}}$  – господарське водокористування озера.

Об'єм води, що випаровується визначають за результатами стаціонарних, польових гідрометричних досліджень або розраховують за формулою:

$$q_{\text{вип.}} = Q1 \cdot K1 \cdot K2 \cdot F \quad (3.4)$$



де  $QI$  – додаткове випаровування води з озера;

$K1$  – коефіцієнт транспірації вологи рослинністю (1,5);

$K2$  – коефіцієнт, який враховує питому вагу заростання водної поверхні.

$K2 = 1,0 - x$ , (де  $x$  – відносне заростання водної поверхні, наприклад при заростанні в 11%,  $K2 = 1,0 - 0,11 = 0,89$ ).

Об'єм інфільтраційної води розраховують за формулою:

$$q_{inf.} = \Delta F \cdot \Delta h - q_{вип.} \quad (3.5)$$

$$\Delta F = F1 - F0 \quad (3.6)$$

$$\Delta h = h1 - h0 \quad (3.7)$$

де  $F1$ ,  $h1$  – площа водного дзеркала і середня глибина озера до антропогенних змін;

$F0$ ,  $h0$  – площа водного дзеркала і середня глибина озера після антропогенних змін.

Завдання для самостійного виконання.

Визначити показник природно-часового фактору озера, якщо відомо, що середня глибина озера – 6,3 м, додаткове випаровування води з озера – 200 мм, випаровування води з озера дорівнює  $0,38 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ , маса води озера, що виноситься в гідрографічну мережу складає  $35,15 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ , маса води, що знаходиться в озері в період зимової або літньої межени –  $16,25 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ , а відносне заростання водної поверхні дорівнює 21%.

#### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Охарактеризуйте морфометричні показники озера.
2. Порівняйте ендегенні та екзогенні озера.
3. Проаналізуйте розчленування озерного ложа.
4. Прокоментуйте водний баланс і рівневий режим озер.
5. Охарактеризуйте рух озерної води.
6. Проаналізуйте льодовий режим озер.

#### **Контрольні питання:**

1. Які водні утворення відносяться до озер?
2. Якого походження бувають озерні улоговини і як вони класифікуються?
3. Якими основними морфометричними характеристиками описуються озера?
4. В чому суть еволюції озера?
5. Як визначають об'єм інфільтраційної води озера?
6. Які озера зустрічаються в різних географічних зонах України?

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

**Тема:** Термічний режим озер та хімічний склад озерних вод.

**Мета:** Встановити розподіл температури води в озері з глибиною за даними спостережень.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий матеріал, аркуш міліметрового паперу, олівці, лінійка, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** Термічний режим – це закономірні коливання температури у водних об'єктах. Температурний режим озерних вод залежить від співвідношення між надходженням і витратою тепла, від розподілу цього тепла в озерній воді, що залежить від географічного положення озера, пори року, динаміки озерних вод та інших причин.

Температурний режим вод озер залежить від співвідношення між надходженням і втратою тепла, від розподілу цього тепла в озерній воді.

Для більшості озер головними джерелами тепла, які надходять на водну поверхню, є такі: сонячна радіація, турбулентний теплообмін з атмосферою, надходження тепла від донних ґрунтів, із річковим стоком, із підземними водами, виділення теплоти при конденсації водяної пари та при льодоутворенні.

Теплота витрачається в озерах на випаровування, на ефективне випромінювання, при передачі тепла в атмосферу в процесі турбулентного теплообміну, надходження тепла до ґрунту дна озера, на танення льоду, виноситься річковими та підземними водами.

Основним джерелом тепла, яке надходить на водну поверхню озера влітку, є сонячна радіація. Інші джерела тепла (конвекція, турбулентний теплообмін з атмосферою, дном та берегами, надходження тепла за рахунок притоку річкових вод) приносять до озера незначну кількість енергії.

Основними втратами тепла є втрати на випаровування. Утрати тепла на турбулентний теплообмін та на випромінювання невеликі.

Унаслідок коливання основних елементів теплового балансу запаси тепла в озерах періодично змінюються, тому вода в них нагрівається або охолоджується.

За особливостями температурного режиму озер помірною поясу виділяють три основні періоди: весняного й літнього нагрівання та осіннього охолодження.

За термічним режимом або за класифікацією Фореля Ф.А. усі прісноводні водойми світу поділяють на три групи:

- полярні (або холодні) – із температурою протягом року нижче 4°C та з переважанням зворотної температурної стратифікації;
- тропічні (або теплі) – із температурою протягом усього року вище 4°C і з переважанням прямої температурної стратифікації;
- озера в умовах помірною клімату – із температурою вище 4°C і з прямою температурною стратифікацією влітку та з температурою нижче 4°C і зворотною температурною стратифікацією взимку.

Д. Хатчисон, врахувавши характер вертикальної густинної циркуляції у водоймі, обумовленій нагріванням або охолодженням вод, декілька удосконалив термічну класифікацію Фореля. Він виділив озера:

- аміктичні, які перебувають увесь рік під льодом, по вертикалі ніколи не перемішуються;
- голоміктичні, піддані вертикальному перемішуванню до самого дна;
- мероміктичні, в яких із-за значної різниці в щільності поверхневих і глибинних шарів, викликаних різницею їх мінералізації, перемішування охоплює лише верхній шар.

Голоміктичні озера підрозділяються на мономіктичні і диміктичні. Мономіктичні озера перемішуються по вертикалі лише один раз за рік: або влітку (це теплі озера за класифікацією Фореля), або взимку (холодні озера). Диміктичні озера перемішуються два рази за рік – навесні і восени; це озера помірного клімату за класифікацією Фореля.

Перед скресанням навесні з посиленням сонячної радіації поверхневі шари води нагріваються. Теплі, більш густі частки води опускаються глибше, а на їхнє місце піднімаються холодні, менш густі. Виникає конвекційне перемішування і вся товща води в озері набуває температури, яку має вода в придонному шарі. Настає період весняної гомотермії (явище незмінності температури води по глибині водойми), яка триває доти, поки вся маса води не прогріється до температури найбільшої густини – 4°C.

При подальшому нагріванні більш теплі води зосереджуються в поверхневих шарах озера, а холодніша вода – коло дна. Виникає пряма температурна стратифікація. У верхньому прогрітому шарі встановлюється більш-менш однорідна температура (епілімніон), тим часом як у глибинних шарах зберігаються холодні води (гіполімніон). Між теплим і холодним шарами води є проміжний шар, температура якого різко знижується з глибиною (металімніон).

Період осіннього охолодження характеризується охолодженням води спочатку в поверхневому шарі озера, а потім по всій товщі до температури найбільшої густини – 4°C (осіння гомотермія). При дальшому охолодженні водних мас озера виникає обернена стратифікація (підвищення температури з глибиною), температура поверхневих вод знижується до 0°C і озеро вкривається льодом.

Термічний режим озер обумовлює розвиток водної рослинності, зоопланктону, бентосу, риби та разом із оптичними властивостями (хімічним режимом, динамікою водних мас і будовою озерною улоговини) являється одним із ведучих екологічних факторів.

За середньою інтегральною температурою води всього озера у літній період водойми класифікують за наступними класами: дуже теплі – середня температура води більше 20°C, теплі – 15-20°C, помірно-холодні – 10-15°C, холодні – 5-10°C, дуже холодні – менше 5°C. Крім того, озера помірної зони за сумою температури води (градусо-дні) вище 10° поділяються на такі термічні групи: дуже теплі – суми температур більше 4000°; теплі – 2000-4000°;

помірно-теплі – 1000-2000°; холодні – 500-1000°; дуже холодні – менше 500° (Китаєв, 1975).

За хімічним складом і мінералізацією озерні води дуже різноманітні. Солоність їх змінюється від 14 мг/л (майже дистильована вода) до високої концентрації насичених та перенасичених розчинів, які містять до 300-350 г солі на 1 кг води. Значною мірою на хімічний склад озерних вод впливають біологічні процеси, котрі відбуваються в озерних екосистемах, вони сприяють утворенню солей фосфору, азоту, кремнію, частково заліза, за рахунок їх в озерній воді утворюються органічні сполуки (гумінові кислоти, амінокислоти, спирти, жирні кислоти тощо).

Озера, на території України – головним чином прісноводні (мінералізація до 0,5 ‰) та солонуватоводні (0,5-16,0 ‰). Є й солоні озера (16,0-47,0 ‰), які розташовані у степовій зоні Азово-Чорноморського узбережжя. Деякі з них мають лікувальні властивості. До пересолених належать озера, мінералізація води в яких більша від 47,0 ‰.

Для стічних озер найбільший внесок до сольового балансу мають надходження і витрати солі за рахунок річкового стоку.

Для мінералізованих безстічних озер посушливої зони у прибутковій частині рівняння зростає роль притоку солі з підземним стоком, а у витратній – осадження солі та винесення солі вітром.

Для зони недостатнього зволоження характерні мінеральні озера, у воді яких переважають окремі хімічні сполуки. Воду мінеральних озер називають розсолем або ропою. За походженням ропи мінеральні озера поділяються на морські й континентальні. Склад води озер морського походження спочатку подібний до складу морської води, потім поступово він під впливом кліматичних факторів (опадів, випаровування, температура тощо) і поверхневого річкового стоку змінює свій склад. В озерах континентального походження солі накопичуються поступово за рахунок розчинення солей, які містяться в ґрунтах і гірських породах, що складають водозбірний басейн і приносяться поверхневими і підземними водами.

За хімічним складом води озер поділяються на три основні групи: гідрокарбонатні, з переважанням іонів  $\text{HCO}_3^-$  (такі води характерні для більшості прісноводних озер), сульфатні, з переважанням сірчанних сполук (такі води характерні для солонуватих озер) і хлоридні, з переважанням іонів  $\text{Cl}^-$  (такі води характерні для солоних озер).

Рівень мінералізації води в озерах України визначається зональними особливостями ландшафту, як рельєф місцевості, тип ґрунтів, баланс вологи, особливості поверхневого і підземного стоку тощо. Гідрохімічна зональність корелює з фізико-географічною. Так, мінералізація переважної більшості озер зони мішаних лісів (Українське Полісся) і північно-західних регіонів лісостепу невисока. Вода в них гідрокарбонатно-кальцієвого класу.

У лісостеповій зоні східних та південно-східних регіонів переважають гідрокарбонатно-кальцієво-магнієво-натрієві води. З наближенням до Азовського і Чорного морів у поверхневих водах зростає вміст натрію. Вплив

морів на іонний склад поверхневих вод виявляється на відстані до 200 км вглиб суші.

У водоймах степової зони клас води визначається не гідрокарбонатними, а сульфатними аніонами. Більшість озер цієї зони належить до сульфатно-хлоридного класу із мішаним катіонним складом.

Заповнення озер, які утворюються в гірській місцевості внаслідок обвалів породи, відбувається, як правило, завдяки сніготаненню та дощам. Як відомо, такі води належать до слабо мінералізованих. Найчастіше клас води в таких завальних озерах – гідрокарбонатно-кальцієвий. Через локальні особливості хімічного складу гірської породи вода може бути більш мінералізованою і належати до сульфатного класу. Такі озера зустрічаються в гірському Криму та у частині Карпат вулканічного походження.

Окрім розчинених солей вода озер утримує біогенні речовини (сполуки азоту, фосфору, кремнію, заліза тощо), розчинені гази (кисень, азот, сірководень тощо); органічні речовини.

Гази надходять у воду або з атмосфери, розчиняючись у верхніх шарах води, або утворюються внаслідок біохімічних процесів, які відбуваються у водній масі озера. В озерну воду кисень надходить з атмосфери, а також за рахунок фотосинтезу. На глибину озера кисень проникає під час осіннього та весняного перемішування.

Збагачення товщі води киснем відбувається під час інтенсивного вертикального конвективного і динамічного перемішування (зазвичай у період весняної і осінньої гомотермії).

Вуглекислий газ утворюється в усій товщі озера, а використовується у верхніх шарах, тому його найменше біля поверхні води.

Сірководень виникає в придонних шарах деяких озер при розкладанні органічних речовин за відсутності кисню.

Інтенсивність і спрямованість газообміну водойми з атмосферою визначається ступенем насиченості води газами, що у свою чергу залежить від розчинності газу при визначених значеннях температури і тиску. Якщо вода поверхневого шару озера не зовсім насичена, наприклад, киснем, то відбувається його поглинання з атмосфери; якщо ж вода перенасичена киснем, то частина його відходить в атмосферу.

Хімічні елементи у вигляді іонів, колоїдів, газів здебільшого надходять в озера разом з поверхневими і підземними водами, які живлять їх; частина хімічних елементів утворюється в самому озері внаслідок розчинення солей, які містяться в ґрунтах і гірських породах, котрі складають озерну улоговину, або внаслідок розкладання мулу. Деякі елементи, в основному гази, надходять з атмосфери.

Прозорість води та класифікація озер.

Беручи до уваги роль оптичних властивостей води для життя водойми і спираючись на результати аналізу співвідношення прозорості води (за білим диском Секкі у літній період) і середньої глибини ( $H_{np} / H_{cp}$ ) було встановлено, що це співвідношення змінюється від 0,12 до 4,40.

За цим показником озера діляться на п'ять основних груп (класів).

Перша група – оптично дуже мілководні (олігофотобатні), прозорість води більше як у 4 рази менша середньої глибини озера –  $H_{np} / H_{cp} < 0,25$ .

Друга група – оптично мілководні (олігомезофотобатні), прозорість води в 2-4 рази менша середньої глибини водойми –  $H_{np} / H_{cp} = 0,25-0,5$ .

Третя група – оптично середньоглибокі (мезофотобатні), прозорість води в 1-2 рази менша середньої глибини водойми –  $H_{np} / H_{cp} = 0,5-1,0$ .

Четверта група – оптично глибокі (мезополіфотобатні), прозорість води в 1-2 рази більша середньої глибини водойми –  $H_{np} / H_{cp} = 1,0-2,0$ .

П'ята група – оптично дуже глибокі (поліфотобатні), прозорість води в 2 рази більша середньої глибини водойми –  $H_{np} / H_{cp} > 2,0$ .

Середню глибину озера розраховують за наступною формулою:

$$H_{cp} = a\sqrt[3]{f}, \quad (4.1)$$

де  $H_{cp}$  – середня глибина озера, м;

$a$  – коефіцієнт в середньому дорівнює 3;

$f$  – площа озера.

Відношення величини прозорості за білим диском Секкі до середньої глибини озера також називають коефіцієнтом відносної прозорості. В озерах із коефіцієнтом відносної прозорості 0,25 ступінь заростання водною рослинністю складає близько 10% площі озера; з коефіцієнтом відносної прозорості 1,0 – 40-60% площі; з коефіцієнтом відносної прозорості 1,5 – 43-83% (в середньому 75%) площі озера.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання 1.** Побудувати графік розподілу температури води з глибиною за даними спостережень.

**Завдання 2.** Виділити на графіку прямої температурної стратифікації горизонтальними лініями епілімніон, металімніон і гіполімніон.

**Завдання 3.** Визначити вертикальний градієнт температури у шарі температурного стрибка.

**Завдання 4.** Дати аналіз зміни температури води в озері з глибиною.

Графік розподілу температури води в озері з глибиною будується на міліметровому аркуші паперу. На вертикальній осі (від лінії поверхні вниз) відкладаються глибини, а по горизонтальній осі – температури. Потім будується графік – наносяться точки, що відповідають температурі води на різних глибинах. Одержані точки з'єднуємо плавною лінією. Саме ця лінія характеризує розподіл температури води в озері від поверхні до дна ( рис. 4.1) за певний період року.

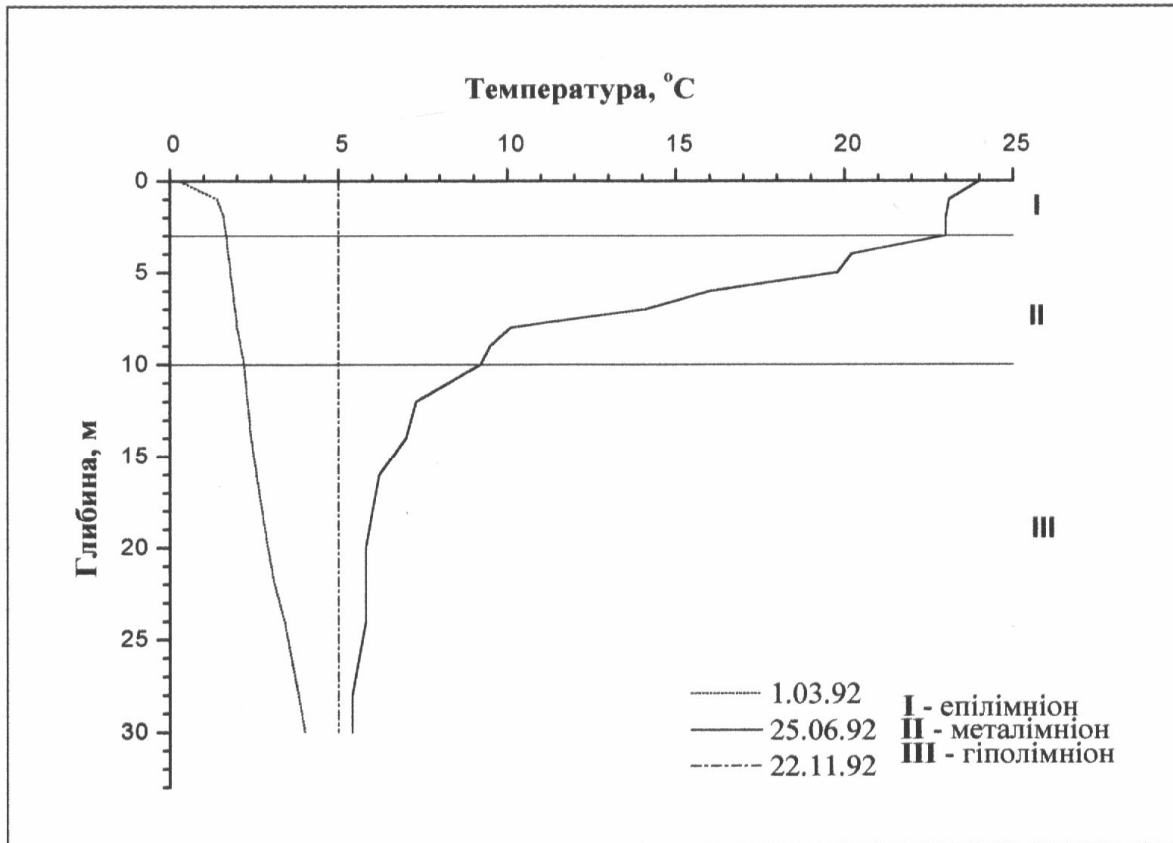


Рис. 1 - Розподіл температури води з глибиною в озері Криве

Рис. 4.1 – Розподіл температури води з глибиною в озері Криве.

На графіку прямої температурної стратифікації (рис. 4.1) горизонтальними лініями виділяємо епілімніон, металімніон і гіполімніон.

Для визначення температурних градієнтів на графіку прямої стратифікації у межах шару температурного стрибка необхідно виділити ділянки з різним ступенем падіння температури з глибиною. Температурний градієнт визначається за формулою:

$$G = \frac{\Delta t}{\Delta h}, \quad (4.2)$$

де  $\Delta t$  – зміна температури на ділянці  $\Delta h$  глибини.

#### Завдання для самостійної роботи:

1. Охарактеризуйте гідрологічні особливості найбільших озер земної кулі.
2. Порівняйте найбільші озера і лимани України.
3. Дайте характеристику оптичним явищам в озерах.
4. Прокоментуйте гідробіологічні особливості озер.
5. Охарактеризуйте донні відклади озер.
6. Проаналізуйте екологічні зони озера.

7. Прокоментуйте яке значення озер у народному господарстві.

**Контрольні питання:**

1. Які особливості термічного режиму озер?
2. Рівняння теплового балансу озера.
3. Що таке зворотна температурна стратифікація?
4. Що таке пряма температурна стратифікація?
5. Що таке гомотермія?
6. Що таке металімніон?
7. Що таке гіполімніон?
8. Що таке епілімніон?

**ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 5**

**Тема:** Водні ресурси та гідрологічне районування України.

**Мета:** Розрахувати водний баланс деяких регіонів України.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий матеріал, аркуш міліметрового паперу, олівці, лінійка, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** Усі води (водні об'єкти) на території України, як зазначено у Водному кодексі України, є водним фондом країни. До цього фонду належать:

- 1) поверхневі води: природні водойми (озера), водотоки (річки, струмки), штучні водойми (водосховища, ставки і канали), інші водні об'єкти;
- 2) підземні води та джерела;
- 3) внутрішні морські води та територіальне море.

Відповідно до ст. 5 Водного кодексу України, водні об'єкти поділяють на водні об'єкти загальнодержавного і місцевого значення.

До водних об'єктів загальнодержавного значення належать:

- 1) внутрішні морські води і територіальне море;
- 2) підземні води, які є джерелом централізованого водопостачання;
- 3) поверхневі води (озера, водосховища, річки, канали, а також притоки всіх порядків), які розташовуються і використовуються на території більш як однієї області;
- 4) водні об'єкти у межах природно-заповідного фонду загальнодержавного значення, а також віднесені до категорії лікувальних.

До водних об'єктів місцевого значення належать:

- 1) поверхневі води, що розташовуються і використовуються в межах однієї області і які не віднесені до об'єктів загальнодержавного значення;
- 2) підземні води, які не можуть бути джерелом централізованого водопостачання.

Води річок, озер, каналів, водосховищ, морів і океанів, води підземні, ґрунтові, льодовиків, водяна пара атмосфери, які придатні для використання в народному господарстві, є водними ресурсами.



Водні ресурси України складаються з поверхневих, підземних та морських вод, є національним надбанням. Вони постійно відновлюються, є мінливими в часі та просторі. Формування водних ресурсів відбувається за рахунок атмосферних опадів і транзитних вод. Атмосферні опади є визначною складовою водного балансу, джерелом водних ресурсів. Кількість і режим випадання атмосферних опадів, величина витрат вологи на випаровування зумовлюються кліматичними умовами. Кліматичні гідрогеологічні, ландшафтні фактори впливають на формування стоку, інфільтраційні процеси, перерозподіл опадів на поверхні водозборів.

На територію України в середньому щорічно надходить  $377 \text{ км}^3$  ( $625 \text{ мм}$ ) атмосферних опадів. З них  $52,4 \text{ км}^3$  ( $86,8 \text{ мм}$ ) перетворюється в річковий стік. Значна частина вологи витрачається на випаровування та інфільтрацію. Розподіл елементів водного балансу по території неоднаковий.

Основна характеристика водних ресурсів – середня багаторічна величина річного стоку. У поширенні цього показника на рівнинній частині України зональність простежується найбільш чітко на півдні. Величини середнього річного стоку зменшується з півночі на південь від  $100$  до  $5 \text{ мм}$ . Відхилення від зональних показників стоку характерні для Подільської, Придніпровської, Донецької і Приазовської височин. В Українських Карпатах і Кримських горах показники стоку закономірно збільшуються з висотою відповідно від  $400$  до  $1000 \text{ м}$  і від  $100$  до  $500 \text{ м}$ .

Потенційні водні ресурси України (об'єм середньорічного стоку) оцінюються в  $209,8 \text{ км}^3$ . З них лише  $25\%$  формується в межах нашої держави і є її власним фондом. Транзитний стік тільки частково використовується для господарських потреб. Співвідношення об'ємів місцевого і транзитного стоку в різних адміністративних областях неоднакове. Територією України водні ресурси розподіляються нерівномірно. Близько  $60\%$  їх припадає на річки басейну Дунаю, де потреба в них незначна. А найменші об'єкти водних ресурсів припадають на території, де вони вкрай необхідні у великих кількостях: Автономна Республіка Крим, Дніпропетровська, Запорізька, Донецька, Херсонська, Миколаївська, Одеська області.

Україна належить до територій з низькою водозабезпеченістю за сумарним річковим і місцевим стоком. На одного жителя в Україні припадає лише  $1,0 \text{ тис. м}^3$  на рік (в Європі –  $4,6 \text{ тис. м}^3$ , у світі –  $8,2 \text{ тис. м}^3$ , Канаді –  $99 \text{ тис. м}^3$ ). На водозабезпечення впливає мінливість місцевого стоку в часі. Так, у маловодні роки його величина становить  $29,7 \text{ км}^3$ . Нерівномірний розподіл стоку протягом року. На весняний стік припадає до  $70\%$  його об'єму на півночі та північному сході й до  $90\%$  на півдні України.

Крім понять водний фонд і водні ресурси, слід чітко усвідомити наступні поняття, які вживатимуться далі.

Басейн річки (озера) – частина суші, з якої відбувається природний стік води в річку (річкову систему). Басейн річки (озера) складається з поверхневого та підземного водозборів. Ототожнення розмірів басейну річки і поверхневого водозбору може мати певні похибки для малих річок і для більших річок з певними геологічними умовами, які забезпечують міжбасейновий водообмін.

Внутрішні морські води – морські води, звернені в бік берегів від вихідних ліній, прийнятих для відліку ширини територіального моря.

Води територіальні – частка морської акваторії, яка перебуває під юрисдикцією прибережної держави.

Територіальне море – прибережні морські води завширшки 12 морських миль, які відраховують відповідно до норм міжнародного права і законодавства України.

Води транскордонні – водні об'єкти, які утворюють або перетинають кордони двох чи більше країн.

Водойма – безстічний або зі сповільненим стоком поверхневий водний об'єкт (озеро, водосховище, ставок, копань).

Водокористування – термін має три формулювання, значення яких залежить від контексту:

1. Використання води без вилучення її з річки чи водойми. До водокористувачів належать гідроенергетика, водний транспорт, рибне господарство, рекреації тощо. Водокористування не можна розглядати у відриві від водоспоживання.
2. Використання водних об'єктів для задоволення будь-яких потреб населення та економіки.
3. Сукупність усіх форм і видів використання водних ресурсів у загальній системі природокористування.

Землі водного фонду – землі, охоплені морями, річками, озерами, водосховищами, іншими водоймами, болотами, а також островами; прибережними захисними смугами вздовж морів, річок і навколо водойм; гідротехнічними, іншими водогосподарськими спорудами та каналами, а також землі, виділені під смуги відведення для них; берегові смуги водних шляхів.

Гідрологічне районування полягає у виділенні на земній поверхні територіальних одиниць, які характеризуються певною однорідністю гідрологічного режиму, показників стоку, водного балансу. При виділенні таксономічних одиниць враховують характер рельєфу, особливості клімату, ґрунтово-рослинного покриву, умови зволоження території, показники норми стоку, його розподіл протягом року, режим середніх і малих річок. За цими показниками з урахуванням ландшафтних особливостей території України виділяються на рівні найвищих таксонів – гідрологічних країн – її рівнинна частина, Українські Карпати і Кримські гори.

На рівнинній частині виділяють три гідрологічні зони, межі яких практично збігаються з межами ландшафтних зон. Гідрологічні зони рівнинної частини України, гірські країни за відмінностями низки гідрологічних характеристик поділяють на гідрологічні області та підобласті.

Зона надмірної водності, яка в основному охоплює фізико-географічну зону мішаних лісів, включає басейн правих приток Прип'яті та правобережних приток Дніпра в цій зоні. Тут густина річкової сітки становить 0,25-0,5 км/км<sup>2</sup>, живлення мішане з перевагою снігового (50-60% річного), стік становить 3,0-4,5 л/с·км<sup>2</sup>; 50-90% його проходить навесні. У зоні виділяють дві гідрологічні області: Поліську і Деснянську.

Зона достатньої водності в основному відповідає лісостеповій фізико-географічній зоні та охоплює басейн лівих приток Дністра, верхньої та середньої течії Південного Бугу, басейн правих (Рось, Тясмин) і лівих (Трубіж, Псел, Сула, Ворскла та ін.) приток Дніпра в межах лісостепової зони. Густота річкової сітки становить 0,4-0,8 км/км<sup>2</sup>, живлення мішане з часткою снігового (40-60%), поверхневий стік – 1,74 л/с·км<sup>2</sup>, на весну припадає 40-80%. У зоні споруджено низку водосховищ і багато ставків, які впливають на гідрологічні показники. За гідрологічними особливостями зона поділяється на три області: Західну, Правобережну Дніпровську і Лівобережну Дніпровську.

Зона недостатньої водності в основному відповідає степовій зоні, яка займає найбільшу площу в Україні. Сюди входять річки, що належать до басейну нижньої течії Дністра, Південного Бугу, Дніпра і Сіверського Дінця. Густота річкової сітки на півдні – 0,1-0,2 км/км<sup>2</sup>, на Донецькій височині – 0,5 км/км<sup>2</sup>. Живлення переважно снігове, досягає 80-90%. Влітку деякі річки (Сухий Торець, Чичиклія та ін.) пересихають. Основна частина стоку (понад 80%) проходить навесні, 10-20% – влітку і 3-8% – взимку. В окремі роки на малих річках бувають дощові паводки. Особливо відрізняється гідрологічним режимом Кримська рівнинна гідрологічна область, де влітку формується 40-65% річкового стоку, навесні й в осінньо-зимовий період – по 15-30%. У зоні виділяється п'ять гідрологічних областей: Нижньобузько-Дніпровська, Сіверськодонецько-Дніпровська, Причорноморська, Приазовська та Кримська рівнинна.

У Кримських горах густота річкової сітки досягає 0,6-0,7 км/км<sup>2</sup>, а водність змінюється від 26 до 0,37 л/с·км<sup>2</sup>. Гідрологічний режим несталий, деякі річки пересихають. Навесні проходить до 65% стоку, влітку – понад 20%, в осінньо-зимовий період – здебільшого 15-20%. Найбільші ріки – Альма, Кача, Бельбек, Чорна.

В Українських Карпатах густота річкової сітки становить 1 км/км<sup>2</sup> і більше. Ріки тут переважно гірські, зі значним похилом та швидкістю. Водність річок найбільша у верхів'ї Тиси і сягає 35 л/с·км<sup>2</sup>, а в Закарпатті – 15-25 л/с·км<sup>2</sup>. Паводки бувають протягом року і супроводжуються селевими потоками. На весну припадає 30-50% стоку, на літньо-осінній період – 30-45%, на зиму – 10-18%.

Гідрологічне районування разом з картами окремих гідрологічних показників відображає просторові закономірності режиму поверхневих вод, формування стоку, водних ресурсів, є основою для оцінки й управління водоспоживанням, обґрунтування заходів з охорони водних об'єктів. При цьому необхідно враховувати вплив на гідрологічні характеристики гідротехнічного будівництва, меліорації, міської і селищної забудови, надмірного землеробського перенавантаження земель України.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання.** Розрахунок водного балансу деяких регіонів України.

Спираючись на узагальненні багаторічні дані спостережень складових водного балансу (дивись допоміжні таблиці 5.1 та 5.2) необхідно розрахувати

сумарний (поверхневий і підземний) місцевий річковий стік та поверхнєве випаровування областей, економічних районів, використовуючи вище вказані розрахункові формули водного балансу (5.1 та 5.2). Отриманні результати занести до таблиці, зробити узагальнений висновок.

Таблиця 5.1 – Елементи водного балансу Південно-Західного економічного району

№ п/п	Область	Елементи водного балансу			
		Опади, мм	Стік, мм		Поверхнєве випаровування
			поверхневий	підземний	
1	Київська	645	48	16	
2	Черкаська	572	48	10	
3	Чернігівська	665	67	21	
4	Вінницька	595	59	18	
5	Тернопільська	724	68	53	
6	Хмельницька	673	74	31	
7	Волинська	681	73	18	
8	Житомирська	682	76	16	
9	Рівненська	708	65	20	
10	Закарпатська	939	429	120	
11	Івано-Франківська	876	296	74	
12	Львівська	838	153	77	

Водний баланс річкового басейну чи іншої території за будь-який інтервал часу залежить від кліматичних і метеорологічних факторів, характеру поверхні басейну та його геологічної будови. Велике значення мають рельєф, ґрунти, гідрографічні особливості. Геологічна будова басейну зумовлює особливості підземного його частини – умови формування підземних вод та їхню динаміку. Певною мірою водний баланс території залежить і від антропогенної діяльності.

Таблиця 5.2 – Елементи водного балансу Донецько-Придніпровського економічного району

№ п/п	Область	Елементи водного балансу			
		Опади, мм	Річковий стік, мм		Поверхнєве випаровування
			поверхневий	підземний	
1	Луганська	568	41	13	
2	Дніпропетровська	516	27	1	
3	Донецька	558	33	6	
4	Запорізька	484	21	2	
5	Полтавська	584	57	7	
6	Сумська	654	77	26	
7	Харківська	590	44	17	
8	Кіровоградська	536	41	4	

Середній багаторічний водний баланс (його складові) для річкових басейнів, адміністративних областей, Автономної Республіки Крим, економічних районів і територій України в цілому оцінені Українським науково-дослідним інститутом Держкомгідромету за моделлю водного балансу Державного гідрологічного інституту.

Водний баланс за багаторіччя оцінюється за даними про прибуткову і витратну складові у вигляді рівняння:

$$P = Y + E, \quad (5.1)$$

де  $P$  – опади;

$Y$  – сумарний (поверхневий і підземний) річковий стік;

$E$  – сумарне випаровування.

Водний баланс також оцінюється за допомогою розгорнутого рівняння водного балансу поверхневої зони басейну:

$$P = Y_{\text{пов.}} + E_{\text{пов.}} + i. \quad (5.2)$$

де  $Y_{\text{пов.}}$  – поверхнева частка річкового стоку;

$E_{\text{пов.}}$  – випаровування безпосередньо з поверхні ґрунту і рослинності;

$i$  – інфільтрація в ґрунти басейну.

#### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Охарактеризуйте водний фонд України.
2. Проаналізуйте водні ресурси основних річок України.
3. Прокоментуйте використання водних ресурсів.
4. Проаналізуйте як здійснюється охорона водних ресурсів України.

#### **Контрольні питання:**

1. Що розуміють під водними ресурсами і як їх обраховують?
2. Які водні ресурси має Україна?
3. Як водними ресурсами забезпечені окремі регіони України?
4. Якими показниками характеризується якість водних ресурсів України?
5. Гідрологічне районування України.

### ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ТА ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ З РОЗДІЛУ І

#### **Питання до самоконтролю.**

1. Що таке річка, з яких частин вона складається та якими морфометричними показниками характеризується?
2. Які основні джерела живлення річок та як змінюється співвідношення між ними в різних природних зонах?

3. Чим характеризується водний режим річок?
4. Що таке рівень води в річці, де і в які строки вимірюється рівні води?
5. Які види руху води властиві річкам та як змінюється швидкості протікання води по поперечному перерізу русла?
6. Як формується стік річок, в яких одиницях він подається та як обчислюються витрати води?
7. Якими основними факторами обумовлюється водоносність річок і як вона змінюється в часі?
8. Які особливості формування максимального та мінімального стоку річок?
9. Як формується термічний режим річок?
10. Які фази виділяють у льодовому режимі замерзаючих річок та які льодові утворення їм властиві?
11. Що таке річкові наноси, як вони формуються та класифікуються?
12. Як утворюються селі, типи їх; основні характеристики і поширення?
13. Які бувають річкові води за ступенем їхньої мінералізації?
14. Що розуміють під русловими процесами та які основні фактори їх обумовлюють?
15. Що таке екосистема річкового басейну і як вона впливає на гідробіологію річок?
16. Суть помірною і турбулентного руху рідини.
17. Циркуляційні течії в річках та які сили їх обумовлюють.
18. Типи внутрішніх течій.
19. Закон К.М. Бера.
20. Класифікація річок за водним режимом.
21. Процес промерзання річок та фактори від яких цей процес залежить.
22. Як змінюється товщина льоду за довжиною і шириною ріки?
23. Коливання рівня води в рівнинних ріках.
24. Наростання льоду в річках та фактори, що це обумовлюють
25. Головні морфометричні характеристики басейну.
26. Фізико-географічні характеристики річкового басейну.
27. Елементи річкової долини.
28. Значення ерозійних процесів в утворенні річкових долин.
29. Умови утворення стариць.
30. Дати визначення головним річковим утворенням.
31. Ерозія річок.
32. Морфометричні характеристики поперечного профілю річкового русла.
33. Види живлення річок.
34. Кліматичні фактори стоку рівнинних річок.
35. Кліматична класифікація річок.
36. Головні типи озер.
37. Морфологія озер.
38. Види живлення озер.
39. Розподіл озер за умовами водообміну та живлення поверхневими водами.

40. Які фактори впливають на коливання рівня води в озерах?
41. Причини виникнення й класифікація течій в озерах.
42. Фактори які впливають на хімічний склад озерних вод.
43. Стратифікація в озерах.
44. Класифікація озер за термічним режимом.
45. Вплив озер на клімат прибережної зони.
46. Характеристика льодового режиму озер.
47. Кругообіг речовин й розвиток органічного життя в озерах.

### **Тестові завдання.**

Приклади.

1. Сукупність характерних особливостей зміни стану водних об'єктів називається:

- а) водним режимом;
- б) режимом рівнів;
- в) гідрологічним режимом.

2. Витрати води – це:

- а) кількість води, яка стікає з одиниці площі басейну в одиницю часу;
- б) кількість води, яка рівномірно розподіляється по площі басейну та стікає за деякий час;
- в) кількість води, що протікає в одиницю часу через живий переріз річки.

3. Річки з весняним паводком поділяються на такі типи:

- а) Казахстанський;
- б) Західноєвропейський;
- в) Східноєвропейський.

4. Поступальний рух озерної води може бити у вигляді:

- а) переміщення водної маси;
- б) хвильових явищ;
- в) нагінних явищ.

5. Основним фактором, який визначає водний режим, є:

- а) рельєф басейну;
- б) географічне положення басейну;
- в) кліматичні умови.

6. За яким критерієм умовно відносять річки до категорій (великі, середні і малі):

- а) за величиною річкового басейну;
- б) за площею водозаборів річок;
- в) за довжиною річки.

7. Максимальну глибину близько 58 м в Україні має:

- а) озеро Ялпуг;
- б) озеро Кугурлуй;
- в) озеро Світязь.

8. За рахунок хімічної дії підземних та поверхневих вод утворюються наступні озера:

- а) дефляційні озера;
- б) карстові озера;
- в) антропогенні озера.

9. Кількість води, яка стікає з водозбору за певний проміжок часу, має назву:

- а) шар стоку;
- б) витрати води;
- в) об'єм стоку.

10. До основних типів поздовжніх профілів річки, належать:

- а) опукло-вгвинчений тип;
- б) прямолінійний тип;
- в) каскадний тип.

11. За рахунок дії вітру утворюються наступні озера:

- а) льодовиково-ерозійні озера;
- б) дефляційні озера;
- в) моренні озера.

12. Річковим басейном називають:

- а) адміністративно-територіальну земну поверхню з різноманітним ландшафтом;
- б) площу водного дзеркала головної ріки та її приток;
- в) частину земної поверхні, що включає дану річкову систему, що відокремлена від інших річкових систем вододілами.

13. Прямою температурною стратифікацією в озерах називають:

- а) коли температура води зменшується від поверхні до дна озера;
- б) коли температура води збільшується від поверхні до дна озера;
- в) коли температура води є однаковою у поверхні і у дна озера

14. Річки з паводком у теплий період року поділяються на такі типи:

- а) Курильський;
- б) Далекосхідний;
- в) Кавказький.

15. Воронкоподібна ділянка устя річки на яку впливають приливно-відливні явища моря утворюючи циркуляцію води називають:



- а) конусоподібною дельтою;
- б) естуарієм;
- в) висунутою дельтою.

16. Кількість води, яка стікає з одиниці площі басейну в одиницю часу, має назву:

- а) шар стоку;
- б) модуль стоку;
- в) витрати води.

17. Річки з паводковим режимом поділяють на такі типи:

- а) Причорноморський;
- б) Прикаспійський;
- в) Північнокавказький.

18. Внаслідок впливу притоку річкових вод до озера та відтоку озерної води до річки формується:

- а) компенсаційні течії;
- б) стокові течії;
- в) вітрові течії.

19. Для олігоацидних озер притаманні такі параметри:

- а) рН менше 5,5;
- б) рН = 5,6 – 6,7;
- в) рН більше 6,8.

20. Амплітуда, період та довжина сейші залежить від:

- а) температури води в озері, кліматичних умов;
- б) нагінних явищ, вітрової течії та від живлення озера;
- в) розмірів озера, його довжини та глибини.

21. Основними елементами водного балансу будь-якого річкового басейну є:

- а) сума атмосферних опадів за рік, випаровування, річковий стік, накопичення вологи в басейні;
- б) сума атмосферних опадів за вегетаційний період, річковий стік в басейні, повені, транспірація;
- в) випаровування, повені, річковий стік в басейні, сума атмосферних опадів за сезон.

22. За хімічним складом природні води (згідно класам води) можуть бути:

- а) фосфатними;
- б) хлоридними;
- в) перманганатно-сульфатними.

23. Головними умовами утворення селів є:

- а) наявність у гірських басейнах достатньої кількості води;
- б) наявність дрібнодисперсного ґрунту;
- в) наявність вітру з високою швидкістю.

24. Для рівнинних річок більш глибоководні ділянки русла називаються:

- а) дельта;
- б) плесо;
- в) пережат.

25. Однорідна температура води (гомотермія) в озері спостерігається:

- а) взимку та весною;
- б) весною та влітку;
- в) весною та осінню.

26. Поверхневий стік це:

- а) процес переміщення вод атмосферного походження під дією сил тяжіння під земною поверхнею;
- б) процес переміщення вод атмосферного походження під дією сил тяжіння по земній поверхні;
- в) процес переміщення вод атмосферного походження під дією сил тяжіння під земною поверхнею і по землі.

27. Фаза водного режиму, для якої характерним є утворення льодового покриву, має назву:

- а) скресання;
- б) льодостав;
- в) замерзання.

## Розділ II

### ГІДРОЛОГІЯ ВОДОСХОВИЩ. ГІДРОЛОГІЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД. ГІДРОЛОГІЯ ОКЕАНІВ І МОРІВ

#### ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

**Тема:** Загальна гідрологічна характеристика дніпровських водосховищ.

**Мета:** Встановити відстань на яку будуть випадати (відкладатись) тверді наноси у водосховищі.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий матеріал, аркуш міліметрового паперу, олівці, лінійка, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** Дніпро є головною водною артерією України, що забезпечує до 75% потреби країни у прісній воді. Ця, третя за величиною після Волги та Дунаю, ріка Європи постійно знаходиться у центрі уваги спеціалістів. Дніпро перетинає всі кліматичні зони країни і поділяє Полісся, Лісостеп та Степ на правобережну та лівобережну частини. Ця рівнинна річка із сніговим та дощовим формуванням водного стоку є основним джерелом водозабезпечення великих промислових центрів і південного сходу України. Водами Дніпра користуються більше 30 млн населення. Вода подається до 50 великих міст, майже 10 тис. промислових підприємств, 2,2 тис. сільських господарств, близько 1 тис. комунальних господарств та до 30 великих зрошувальних систем.

Через те, що в живленні Дніпра велике значення мають снігові води, під час весняної повені Дніпро виносить до Чорного моря 60-70 % (іноді й 80 %) свого загального річного стоку. Для акумулювання й перерозподілу цього стоку за сезонами року на території України по Дніпру споруджено шість водосховищ (табл. 6.1).

Внаслідок гідробудівництва вся акваторія Дніпра в межах України перетворилась на каскад водосховищ. Вони створювались протягом 1931-1976 рр. У 1976 р. було заповнене останнє водосховище дніпровського каскаду – Канівське. Дніпровські водосховища мають комплексне призначення: водозабезпечення населення і народного господарства, гідроенергетика, водний транспорт, рекреація, рибне господарство, зрошуване землеробство.

Система Дніпра може бути поділена на три ділянки: верхній Дніпро – від витоків до впадіння Прип'яті; середній Дніпро – від Київського водосховища до греблі Каховської ГЕС; нижній Дніпро – нижче Каховської ГЕС і до гирла. В зоні змішаних лісів розташоване Київське водосховище, у лісостеповій – Канівське, Кременчуцьке та верхів'я Дніпродзержинського водосховища, в степовій – основна частина Дніпродзержинського водосховища, Запорізьке та Каховське. При будівництві каскаду дніпровських водосховищ було затоплено 695 тис. га земель, у тому числі 250 тис. га сільськогосподарських угідь. Загальна площа акваторій водосховищ перевищує 7000 км<sup>2</sup>, площа мілководних зон водосховищ, включаючи Конкські плавні, складає 157,6 тис. га, з них із глибинами до 2 м – 101,2 тис. га.

Будова долини зрегульованого Дніпра характеризуються не однаковими ділянками. Перша ділянка охоплює Київське, Канівське, Дніпродзержинське та верхню частину Запорізького водосховища до гирла річки Самари. Для неї характерна добре сформована долина. Друга ділянка простягається від Дніпропетровська та долини р. Самари до Запоріжжя довжиною понад 70 км. На цій ділянці Дніпро до зарегулювання протікав крізь тріщину у кристалевій плиті. Третя ділянка розміщена нижче порожистої частини.

Таблиця 6.1 – Характеристика водосховищ дніпровського каскаду (Правила експлуатації..., 2001)

Показники	Київське (1965-1966)*	Канівське (1975-1976)	Кременчу- цьке (1960-1961)	Дніпродзер- жинське (1963-1964)	Запорізьке** (1931-1934, 1947)	Каховське (1955-1956)
Нормальний підпірний рівень, м	103,0	91,5	81,0	64,0	51,4	16,0
Площа, тис. га	92,2	58,1	225,2	56,7	41,0	215,5
Об'єм, км <sup>3</sup> : повний корисний	3,73 1,2	2,60 0,3	13,50 8,9	2,40 0,3	3,30 1,0	18,20 6,8
Глибина, м: максимальна середня	15 4,0	12 3,9	24 6,0	14 4,3	45 8,0	32 8,4
Кількість обмінів протягом року	12-13	17-18	2,5-4	18-20	12-14	2-3
Площа мілководь (до 2 м), %	40	24	18	31	36	5
Спрацювання рівнів, м	0,5-1,0	0,5	4,0-6,0	0,5	0,5-1,0	3,0-4,0
Довжина берегової лінії, км	520,0	411,0	800,0	360,0	470,0	896,0
Дамби і берегоукріплення, км	100,1	136,2	145,3	108,3	61,8	206,7

Примітки: \* У дужках наведено роки заповнення водосховищ; \*\* Запорізьке водосховище заповнювалось двічі, в друге після Другої світової війни.

Площа водного дзеркала водосховищ дніпровського каскаду становить 6 887 км<sup>2</sup>. Після зарегулювання Дніпра різко збільшились глибини, значно поліпшились освітленість води внаслідок осадження завислих речовин і проникнення сонячної радіації на більші глибини. В той же час уповільнився водообмін (у 7-11 рази), утворились застійні зони на мілководдях, їх площі в окремих водосховищах займають від 18 до 40 % (табл. 6.1). Збільшились площі

на розподілі фаз: повітря – вода; вода – донні відкладення; вода – берег. Температурний режим водосховищ підпадає меншим коливанням у порівнянні з річковим режимом.

В результаті зарегулювання стоку Дніпра зазнали корінних змін основні гідродинамічні та гідравлічні параметри водотоку. Внаслідок акумуляції весняних повеневих вод більш рівномірним стало їх надходження у пониззя. Різко зменшилась швидкість стокових течій. У середній за водністю рік вона становить 1,5-7,0 см/с (навесні 20-25 см/с), тоді як до зарегулювання переважали швидкості 60-80 см/с. При цьому характер течій визначається не тільки природними явищами (вітер, водопілля, паводки), а й штучним регулюванням величини скидання вод, що зумовлено потребами енергетики та інших галузей народного господарства. Більш відчутними стали вітрові течії (5-15 см/с), тоді як при річковому режимі вони практично не формувались. З'явилися вздовж берегів хвилеприбійні течії, які досягають швидкості 100-150 см/с.

У межах водосховища виділяють кілька ділянок або зон, наприклад верхню, середню і нижню, які суттєво відрізняються одна від одної за морфометричними характеристиками, гідрологічним і гідробіологічним режимами. В деяких випадках виділені верхня, середня і нижня зони водосховища можуть бути поділені на дрібніші ділянки, які відрізняються не тільки гідроморфологічними показниками, а і мають особистий гідрологічний режим внаслідок впадання генетично різних водних мас (наприклад приток). Так, при багаторічних дослідженнях водосховищ дніпровського каскаду була виявлена доцільність виділення з нижньої частини, окремої ділянки перед греблею, у межах якої на рух водних мас помітно впливає режим роботи ГЕС. Безпосередньо до греблі підходить глибоководна (нижня) зона, що характеризується озероподібним режимом. Далі йде проміжна (середня) зона, або зона середніх глибин, котра залежно від рівня води може бути глибоководною або мілководною. Ця зона має змішаний гідрологічний режим (озероподібний та річковий). Верхня (мілководна) зона займає значну частину рівнинних водосховищ та характеризується річковим режимом. У місці впадання річки знаходиться зона змінного підпору.

Найбільше хвиле утворення спостерігається в озероподібних ділянках водосховищ, тут висота хвиль майже половину року становить 0,45 м, а інколи вона досягає 3,45 м. Найменш виражене вітрове хвиле утворення в Канівському, Дніпродзержинському і Запорізькому водосховищах, а найбільше – в Кременчуцькому та Каховському.

Терміни весняного прогрівання і осіннього охолодження води для водосховищ дніпровського каскаду відрізняються, внаслідок їх значної протяжності з півночі на південь. У трьох верхніх водосховищах (Київському, Канівському і Кременчуцькому) весняний перехід температури води через 0,2°C відбувається у третій декаді березня, а в Каховському – у першій декаді, тобто на два тижні раніше. В нижче розташованих водосховищах пізніше настає осіннє похолодання. Так, перехід через 0,2°C до нульових відміток відбувається у Київському і Канівському водосховищах у першій – другій

декаді грудня, а у решти водосховищ – у третій. Приблизно до цих термінів приурочений і початок осіннього льодоставу.

Формування льодового покриву починається на мілководдях, оскільки тут вода швидше охолоджується. Скресання криги на водосховищах відбувається під впливом потепління, вітру та зміни рівнів води.

Водосховище – це штучна водойма, яка створена для накопичення, зберігання і подальшого використання води та регулювання стоку.

Основними параметрами водосховищ є: рівні (горизонти), об'єми та морфометричні показники.

Рівні (горизонти) розрізняють: нормальний, форсований (максимальний), мертвого об'єму.

Нормальний підпірний рівень (НПР, НПГ) – проектний рівень наповнення водосховищ, який обмежує зверху корисний об'єм водосховища. Форсований підпірний рівень (ФПР) відповідає короточасному перевищенню рівня води над НПР у разі пропуску великих паводкових витрат. Рівень мертвого об'єму (РМО) обмежує знизу корисний об'єм і слугує для акумуляції наносів.

Різницю між НПР і РМО називають глибиною спрацювання, а відповідний її об'єм – корисним об'ємом водосховища. Як правило, рівень води нижче РМО не знижують, за винятком тих випадків, коли потрібно промити (через донні отвори) накопичені у водосховищі наноси або виконати ремонтні роботи в чаші водосховища.

Об'єм водосховища між НПР і ФПР називають резервним об'ємом і використовують для акумуляції паводкових вод. Повний об'єм водосховища включає в себе мертвий і корисний об'єми, а іноді й резервний об'єм (рис. 6.1).

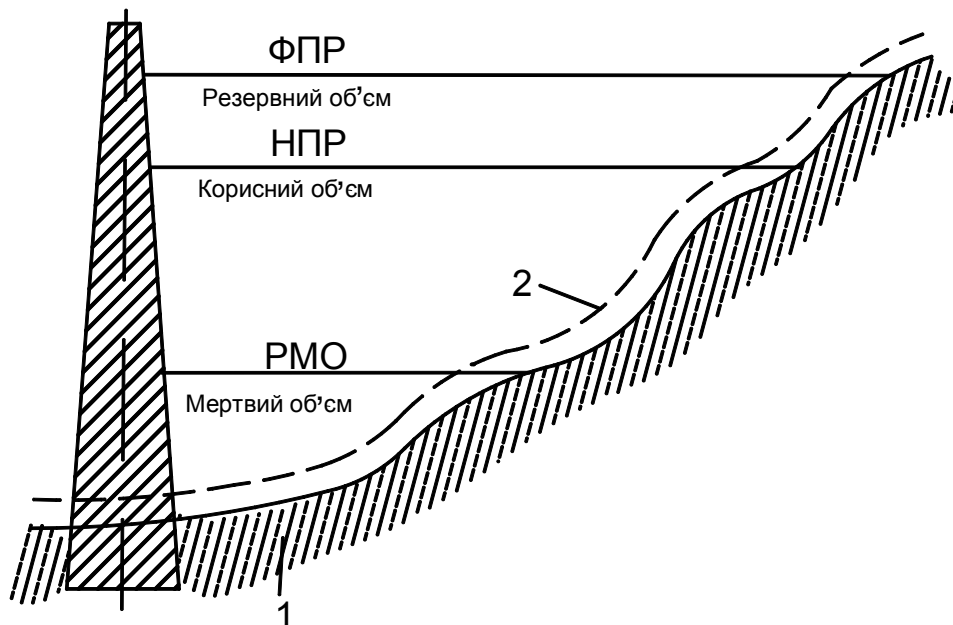


Рис. 6.1 – Основні параметри водосховища: 1 – дно річки; 2 – рівень води в річці до зарегулювання.

Водосховища, як і озера, є акумуляторами наносів. Відкладення у чаші водосховищ дрібних (завислих) наносів називається замуленням, крупних (тягнених) – занесенням. Завдяки замуленню формується товща донних відкладів водосховища.

Інтенсивність відкладення наносів і період замулення водосховища залежить від стоку наносів річки і об'єму водосховища. У рівнинних водосховищах на річках з невеликим стоком наносів щорічне наростання дна незначне. Інтенсивність замулення невеликих водосховищ на річках з великим стоком наносів, особливо в посушливих районах, дуже велика. Наприклад, в США деякі водосховища у пустельній зоні заповнювалися наносами за 10-15 років.

Береги водосховищ за своєю еволюцією поділяють на три групи:

- абразивні, які зазнають постійного руйнування;
- стабільні, які не руйнуються;
- акумулятивні, які нарощуються за рахунок перевідкладення наносів.

На рівнинних річках (Волга, Дніпро) абразивними є 40-50% берегів, стабільними 40-50% і акумулятивними – 5-15%. Такий розподіл можна пояснити тим, що більшість водосховищ на цих річках достатньо "молоді", а їхня берегова зона активно формується.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання.** Необхідно встановити відстань на яку будуть випадати (відкладатись) тверді наноси, якщо відомо, що розмір частинок (мм) – 0,01; 0,05; 0,15; 0,25; 0,35; 0,5. Також відомо, що гідравлічна крупність (мм/с) цих частинок відповідно дорівнює – 0,049; 1,24; 8,41; 21,4; 31,3; 52,6. Витрати води у водосховищі за цей час складають 125 м<sup>3</sup>/с, а середня площа поперечного перерізу водосховища на цій ділянці становить 770 м<sup>2</sup>, середня ширина водосховища дорівнює 200м.

Наноси, які переносяться потоком води у зваженому стані потрапляючи до зони знижених швидкостей починають відкладатися на дні водосховища. Швидкість осадження частинок різних розмірів і ваги залежить від їх гідравлічної крупності і середньої швидкості потоку у дослідженій точці.

Розрахунок замулення водосховища розраховують наступним чином.

Довжина ділянки на якій будуть відкладатися наноси (зважені частки) розраховують за формулою:

$$L = \frac{H_{cp}}{u} V_{cp}, \quad (6.1)$$

де  $H_{cp}$  – середня глибина водойми, м;

$u$  – швидкість випадіння частинок у проточній воді, м/с;

$V_{cp}$  – середня швидкість течії у водосховищі, м/с.

Середню глибину водосховища розраховуємо за формулою:

$$H_{cp.} = \frac{S}{B}, \quad (6.2)$$

де  $S$  – середня площа поперечного перерізу водосховища, м<sup>2</sup>;  
 $B$  – середня ширина водосховища, м.

Середню швидкість течії у водосховищі розраховуємо за формулою:

$$V_{cp.} = \frac{Q}{S}, \quad (6.3)$$

де  $S$  – середня площа поперечного перерізу водосховища, м<sup>2</sup>;  
 $Q$  – витрати води у водосховищі, м<sup>3</sup>/с.

Швидкість відкладання наносів (частинок) у проточній воді розраховуємо за формулою:

$$u = w \left( 1 - \frac{V_{cp.}}{V_{макс.}} \right), \quad (6.4)$$

де  $w$  – гідравлічна крупність частинок, м/с;  
 $V_{cp.}$  – середня швидкість течії у водосховищі, м/с;  
 $V_{макс.}$  – максимальна швидкість течії у водосховищі, м/с.

Максимальну швидкість течії у водосховищі розраховуємо за формулою:

$$V_{макс.} = 4d^{1/3} H_{cp.}^{1/5}, \quad (6.5)$$

де  $H_{cp.}$  – середня глибина водойми, м;  
 $d$  – діаметр наносів (частинок), мм.

#### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Дайте характеристику водосховищам.
2. Проаналізуйте основні елементи водосховища.
3. Прокоментуйте особливості гідрологічного режиму водосховищ.
4. Охарактеризуйте водний режим водосховищ.
5. Проаналізуйте льодовий і температурний режим водосховищ.
6. Прокоментуйте особливості формування екосистем водосховища.

#### **Контрольні питання:**

1. Яке призначення мають водосховища?
2. Які ділянки були утворенні після зарегулювання Дніпра?



3. Коли були створені водосховища дніпровського каскаду?
4. Надати характеристику дніпровським водосховищам.
5. Як змінилися стокові течії після зарегулювання стоку Дніпра?
6. Як розраховують середню глибину та середню швидкість течії у водосховищі?
7. Від чого залежить інтенсивність відкладання наносів і період замулення у водосховищі?
8. Як розраховують замулення водосховища?

### ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

**Тема:** Мінералізація та іонний склад води водосховищ дніпровського каскаду.

**Мета:** Встановити величину загальної мінералізації води за одним з головних домінуючих іонів ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) для водосховищ дніпровського каскаду.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий матеріал, аркуш міліметрового паперу, олівці, лінійка, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** Дніпро – третя за розмірами річка Європи, що розташовується в межах трьох держав – Росії, Білорусі та України (на останню припадає близько 55 % довжини річки) і є основним джерелом води в Україні. Набувши значних змін внаслідок будови каскаду водосховищ, ця водойма втратила здатність до саморегулювання. Зараз визнано, що побудовані гідроелектростанції, підприємства важкої металургії тощо, завдали Дніпру екологічної шкоди регіонального рівня. Басейн Дніпра можна розглядати як приклад нераціонального розвитку регіону, коли традиційно аграрний район було перетворено на потужний промисловий комплекс. Внаслідок цього серед сучасних проблем переважають висока щільність населення та промислового виробництва, інтенсивне землекористування з використанням у сільському господарстві добрив та агрохімікатів, надзвичайна зарегульованість річкової системи, яка нараховує шість великих водосховищ та понад п'ятсот дрібних дамб, споруджених на притоках, затоплення родючих земель під час будівництва водосховищ, екстенсивне використання водних запасів як у сільському господарстві, так і в промисловості, слабкий контроль за скидом забруднених стічних вод, різке зменшення видового розмаїття тощо.

Після затоплення великих масивів земель відбулись суттєві зміни гідрохімічного режиму, створилось нове середовище для життєдіяльності гідробіонтів різних трофічних рівнів. Водосховища фактично перетворилися на екосистеми, для яких характерні свої специфічні закономірності.

Серед чинників, які справляють і продовжують справляти визначальний вплив на формування екосистем водосховищ та їх функціонування в сучасних умовах, основними є перебіг внутрішньоводоймних процесів і техногенний (антропогенний) прес, зокрема такі його складові, як поетапне введення в дію водосховищ, рівневий режим, режим попусків води і, особливо, евтрофікація та забруднення стічними водами, радіонуклідами та пестицидами. Під впливом

цих чинників формувався гідрохімічний та гідробіологічний режим водосховищ і відбувалася адаптація гідробіонтів до нових умов існування, перебудовувалися гідробіоценози. В той же час внутрішньоводоймні процеси стимулювали розвиток і самоорганізацію біоти водосховищ, що знаходило відображення в збільшенні видової різноманітності, зміні ресурсно-продукційного потенціалу та в процесах самоочищення. Таким чином створення каскаду дніпровських водосховищ істотно змінило структурно-функціональну організацію річкової екосистеми, на базі якої сформувались нові екосистеми водосховищ озерно-річкового типу.

Протягом усього періоду існування дніпровських водосховищ на них істотно впливав і впливає антропогенний прес. Окрім безпосереднього впливу зарегулювання стоку на розвиток фітопланктону, виникнення «цвітіння» води, перебудову планктонних, перифітонних і донних біоценозів, формування заростей вищих водяних рослин на мілководдях та інших екологічних наслідків, розглянутих вище, у дніпровські водосховища потрапляли і потрапляють численні забруднюючі речовини. Великі міста (Київ, Черкаси, Кременчук, Дніпродзержинськ, Дніпропетровськ, Запоріжжя, Нікополь) забруднюють водосховища неочищеними або не доочищеними стічними водами, що містять як комунально-побутові відходи, так і стоки різних підприємств. Тому ці стічні води одночасно зумовлюють сапробізацію, евтрофікацію та токсифікацію водосховищ.

Згідно з статистичними даними (Екологічне оздоровлення..., 2001) у 1999 році у водосховища Дніпра та його притоки надійшло 5 881 млн м<sup>3</sup> стічних шахтних і колекторно-дренажних вод, у тому числі без очищення 280,9 млн м<sup>3</sup> і недостатньо очищених 1 540 млн м<sup>3</sup>. З цими водами у водойми потрапило 356,9 тис. тон сульфатів, 333,6 тис. тон хлоридів, 5,4 тис. тон азоту амонійного, 30,0 тис. тон нітратів, 592,7 тон заліза, 379,3 тон нафтопродуктів, 12,1 тон міді, 32,6 тон цинку, 16,4 тон нікелю, 7,2 тон хрому тощо.

Значна кількість забруднюючих речовин надходить у водосховища із сільськогосподарських орних земель, тваринницьких комплексів, приватних садиб, територій населених пунктів. У загальному балансі надходження азоту і фосфору у водні об'єкти басейну Дніпра на сільськогосподарські угіддя припадає відповідно близько 28 % і 7,4 %. Із стоками тваринницьких комплексів і ферм поступає 9,7 % азоту, 4,9 % фосфору і 10,9 % калію.

Забруднення природних вод басейну Дніпра насамперед пов'язане із незадовільним станом систем каналізації у містах. Централізованими системами каналізації забезпечено 94% міст, 50% – селищ міського типу та близько 3% сільських населених пунктів. Загалом із території басейну в Дніпро щороку виноситься азоту – 19,1 тис. т; фосфору – 0,69; пестицидів – 0,118 тис. т. Чимало забруднень до водного басейну надходить зі змивними водами з територій із великою густотою населення. В середньому з них надходить близько 725 млн м<sup>3</sup>/рік стічних вод, які містять майже 1,13 млн т завислих речовин, 45 млн т органічних сполук, 11 млн т нафтопродуктів, 5 млн т азоту, 1 тис. т фосфору та інших поліутантів.

На сучасну екологічну ситуацію басейну Дніпра впливають наслідки техногенної катастрофи на Чорнобильській АЕС. Накопичення радіонуклідів, переважно у донних шарах водосховищ (здебільшого Київського і Канівського), створює джерела їх тривалого надходження до водних об'єктів басейну Дніпра. Екологічна ситуація ускладнюється також внаслідок інтенсивних ерозійних процесів та руйнування його берегів. Розорюваність територій водозабору становить близько 65%, а в Херсонській області – понад 80%, тоді як оптимальний рівень не має перевищувати 40%.

Аналіз багаторічних спостережень за водними ресурсами басейну Дніпра показує, що його притоки в основному забруднені сполуками Нітрогену (амонійними, нітритами, нітратами), важкими металами, нафтопродуктами і фенолами. Найвищі концентрації важких металів зафіксовані в річках Горинь, Псьол, Рось, Тетерів, Інгулець та ін. Наприклад, уміст міді в деяких випадках становить 36-96 ГДК, цинку і мангану – 10-91 ГДК. Спостерігається погіршення якості води і в Десні, де зафіксовано високі концентрації цинку (до 19 ГДК), мангану (до 12 ГДК), нафтопродуктів (до 32 ГДК).

Київське і Канівське водосховища забруднені переважно амонійним нітрогеном. В окремі періоди його концентрація досягала 14 ГДК, сполук міді – до 8 ГДК, цинку – до 13, мангану – до 10 ГДК. У Кременчуцькому та Дніпродзержинському водосховищах відмічалися такі рівні забруднення, ГДК: нітриту – до 12, сполуки міді – до 12, цинку – до 10, мангану – до 17. Подібні дані було отримано і для Запорізького та Каховського водосховищ. У них було виявлено також підвищення концентрації фенолів (8-12 ГДК).

Найбільш забрудненими являються нижче розташовані водосховища дніпровського каскаду – Дніпродзержинське, Запорізьке та Каховське. В них протягом десятків років надходять стічні води всього комплексу підприємств південної металургії, коксохімічної, гірничо-видобувної, хімічної та інших галузей промисловості. До складу цих стічних вод входять практично всі елементи таблиці Менделєєва, тисячі різних органічних сполук, серед них такі небезпечні речовини, як ціаніди, роданіди, сполуки миш'яку та багато інших.

В той же час висока самоочисна здатність водних мас пелагіалі дніпровських водосховищ з їх живим населенням ще забезпечує збереження якості води за показниками органічного забруднення в межах  $\alpha$ -мезосапробності на більшій частині акваторії, а вищий рівень сапробності виявляється лише в межах окремих зон – поблизу великих міст (нижче за течією), на притоках (малих річках) та водотоках, що використовуються для відведення стічних вод від промислових комплексів.

На формування якості води впливає стан прилеглих територій, зокрема, підтоплення земель, ерозійні процеси та руйнування берегів. Площі прибережної смуги дніпровських водосховищ, які знаходяться у зоні підняття ґрунтових вод, становлять близько 700 тис. га. Для захисту цих земель створюються водозахисні споруди (водо обмежувальні і захисні дамби, дренажні канали, насосні станції тощо), що запобігають поширенню підтоплення земель. Із загальної довжини берегової лінії дніпровських водосховищ 3 079 км на площі 760 км<sup>2</sup> побудовано такі захисні споруди.

Важливою умовою запобігання ерозії ґрунтів прилеглих територій, з якою пов'язане змивання гумусного шару, органічних і мінеральних речовин у водойми, є дотримання оптимальних, екологічно обґрунтованих нормативів розорювання земель. У басейні Дніпра цей показник перевищує 65 % при допустимому рівні 40 %. Лісистість знизилась до 14 % при оптимальному залісненні навколо водосховищ та їх приток на площі приблизно 30 % території. Усе це призводить до зростання площ еродованих земель, інтенсивного змивання поверхневого шару ґрунту під час дощів, танення снігу та надходження його у водойми, що негативно впливає на якість води.

Забруднення і погіршення якості води вимагає додаткових витрат на її обеззараження та очищення на водогонах централізованого міського водопостачання та системах зрошувального землеробства. Вода, що використовується для зрошування і яка забруднена стійкими токсичними речовинами, може переносити їх на сільськогосподарські угіддя, де вони можуть накопичуватись в ґрунтах, а далі надходити до культивованих рослин, надаючи токсичних властивостей сільськогосподарській продукції.

Аналіз даних багаторічних гідрохімічних спостережень дозволив виявити тенденцію до збільшення мінералізації води у всіх дніпровських водосховищах, а також кількісні та якісні зміни у складі і співвідношенні основних іонів. Так, середньорічна величина мінералізації води у Київському водосховищі з початку його утворення до 1994 р. збільшилась з 240 до 359 мг/л з максимальними значеннями цього показника у літньо-осінній та передвесінній періоди до 450-590 мг/л. В Кременчуцькому водосховищі ці показники ще більш значні – від 252 до 387 мг/л з максимальними значеннями у той же період до 480-675 мг/л. Вода Каховського водосховища більш мінералізована, ніж у вище розташованих водоймах. Тут середньорічний рівень мінералізації зріс з 275 мг/л до 380 мг/л з максимальними значеннями цього показника до 600-800 мг/л у південній його частині (Журавлева, 1998).

Проведений аналіз за багаторічний період спостережень за величиною мінералізації та іонним складом води у водосховищах Дніпра показав, що найбільшим змінам піддалися водні маси Кременчуцького і Каховського водосховищ. Мінералізація води в них збільшилася в 1,5-2,5 рази. Якісні і кількісні зміни відбулися за рахунок підвищення концентрацій лужних металів, а також сульфатів та хлоридів й зниження концентрацій кальцію і гідрокарбонатів (Журавлева, 1998).

У другій половині 90-х рр. ХХ ст. важливого значення як фактор антропогенного впливу набуло надмірне спрацювання водосховищ внаслідок перенапруженої роботи дніпровських ГЕС.

Надмірне спрацювання водних запасів водосховищ призводить до вторинного забруднення водних екосистем внаслідок насичення товщі води забруднюючими речовинами, що були у донних відкладах, до обсушення мілководь, а з цим пов'язане відмирання великих масивів водяної рослинності і втрата нерестових площ як фітофільних риб так й інших видів риб.

В цілому слід зазначити, що рівень антропогенного навантаження на водосховища дніпровського каскаду піднявся до такої критичної відмітки, коли

низька якість води почала обмежувати її використання, а негативні процеси у самих екосистемах водосховищ набувають незворотного характеру.

Проблема щодо поліпшення екологічного стану дніпровських водосховищ повинна розв'язуватися одночасно у двох напрямках.

По-перше це необхідність розробки науково обґрунтованої системи оцінки та регулювання антропогенного навантаження із водозбору.

Другий напрям – управління внутрішньоводоймними процесами, що обумовлюють самоочищення і самозабруднення водосховищ.

Так, науковцями інституту гідробіології НАН України, де тривалий час досліджувались вище згадані екологічні питання й накопичилось достатня кількість фактичного матеріалу було запропоновано використовувати для кожного водосховища окремо розроблені системи (методи) управління, які включають декілька важливих етапів:

1. Встановлення об'єктів управління, тобто деталізація задачі відносно того в якій із частин водосховища необхідно досягти очікуваних змін показників стану екосистеми або якості води. Це може бути озероподібна або річкова ділянка водосховища у цілому або їх заданий масив, глибоководна частина і т.д.;
2. Визначення ключових показників стану екосистеми або якості води. До них перш за все відносяться: співвідношення процесів продукції і деструкції органічної речовини; концентрація органічних, біогенних, токсичних та інших речовин і т.д.;
3. Розробка засобів оцінки гідрологічних умов, шляхом регулювання водного режиму. Основними важелями регулювання гідрологічних умов являються: зміни об'єму транзиту вод через водосховище; динаміка його наповнення; зміни внутрішньодобового, внутрішньотижневого, сезонного або річного режимів роботи вище- й нижчерозташованих ГЕС. Особистим важелем регулювання може бути гідротехнічний пере устрій самого ложа водосховища (будівництво дамб на мілководних і інших ділянках, днопоглиблювальні роботи, спорудження каналів на мілководдях і т.д.);
4. Визначення і кількісна оцінка реакцій ключових показників стану об'єкту управління на зміни водного режиму. В основі цього етапу лежить глибокий аналіз раніше отриманих результатів та проведених спеціальних натурних досліджень. Без цього фундаменту проблему управління не розв'язати;
5. Використання чисельних моделей, які описують процеси формування стану екосистем водосховищ і якості води в них;
6. Розробка оптимальних з екологічної позиції режиму та об'єму попусків ГЕС як останньої ланки у даній технології.

Отже, екологічне оздоровлення басейну Дніпра стало одним з пріоритетних напрямків природоохоронної діяльності уряду України. Цьому напрямку підпорядкована «Національна програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води». Як довгостроковий організаційно-економічний документ Програма визначає стратегічні напрямки

сталого функціонування екосистеми Дніпра, екологічно безпечних умов життєдіяльності населення в його басейні.

### ХІД РОБОТИ

**Завдання.** Необхідно розрахувати величину загальної мінералізації води за одним з головних домінуючих іонів ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) для деяких водосховищ дніпровського каскаду, використовуючи відомі рівняння (табл. 7.1) та виходячи із даних таблиці 7.2. Порівняти фактичні показники загальної мінералізації води водосховищ з розрахованими за рівняннями показниками.

Таблиця 7.1 – Рівняння для розрахунку величини загальної мінералізації за концентрацією одного із іонів ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) для деяких водосховищ дніпровського каскаду

Водосховище	Рівняння
Київське	$\Sigma_u = 1,47 \text{HCO}_3^- + 30$
	$\Sigma_u = 6,3 \text{Ca}^{2+} - 40$
	$\Sigma_u = 11,1 \text{SO}_4^{2-} - 22$
Кременчуцьке	$\Sigma_u = 1,46 \text{HCO}_3^- + 20$
	$\Sigma_u = 5,9 \text{Ca}^{2+} - 20$
	$\Sigma_u = 15,5 \text{SO}_4^{2-} + 30$
Каховське	$\Sigma_u = 1,96 \text{HCO}_3^- + 14$
	$\Sigma_u = 6,9 \text{Ca}^{2+} + 4$
	$\Sigma_u = 6,9 \text{SO}_4^{2-} + 8$

Сталість співвідношення між концентрацією іонів сольового складу дозволяє встановити кількісну залежність загальної мінералізації від концентрації іонів, особливо домінуючих, яка апроксимується рівнянням прямої та характеризується високими коефіцієнтами кореляції.

Ця залежність для дніпровських водосховищ може бути виражена у вигляді наступних рівнянь.

Таблиця 7.2 – Максимальна концентрація головних іонів та фактична мінералізація води (мг/л) деяких дніпровських водосховищ

Водойма	Роки	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\Sigma_u$
Київське	1965-1967	23-68	60-235	7-32	122-380
	1981-1985	32-17	106-246	11-47	196-374
Кременчуцьке	1961-1964	24-75	45-255	8-32	116-399
	1981-1985	29-67	109-220	17-54	220-420
Каховське	1955-1959	22-73	42-255	9-62	120-460
	1981-1985	31-63	73-217	33-94	209-453

#### Завдання для самостійної роботи:

1. Охарактеризуйте вплив водосховищ на річковий стік та оточуюче природне середовище.

2. Прокоментуйте основні позитивні, негативні та неоднозначні фактори впливу гідроенергетичних об'єктів на оточуюче природне середовище.
3. Порівняйте особливості гідрохімічного режиму водосховищ Дніпровського каскаду.
4. Проаналізуйте вплив біотичних чинників, що обумовлюють масовий розвиток синьо-зелених водоростей у водосховищах.
5. Охарактеризуйте вплив водосховищ на водні екосистеми та якість води.

**Контрольні питання:**

1. Які джерела забруднення води у водосховищах?
2. Що впливає на якість води у водосховищах?
3. Як змінилась мінералізація води у дніпровських водосховищах?
4. Які гідрологічні умови формують гідробіологічний режим водосховищ?
5. Яке значення для народного господарства мають водосховища?
6. Раціональне використання водосховищ.

**ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 8**

**Тема:** Оцінка і класифікація якості води.

**Мета:** Визначити індекс забрудненості та клас якості води річки Молочної у межах м. Мелітополь.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий матеріал, аркуш міліметрового паперу, олівці, лінійка, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** Використання водних ресурсів, а саме поверхневих вод неминуче спричиняється як до позитивних, так і негативних наслідків. У міру розвитку цивілізації використання води неухильно збільшувалось. Одночасно зростала і кількість стічних вод, які скидаються до водних об'єктів. Оскільки такі води не завжди бувають достатньо чистими, вони обумовлюють зміни якості природних вод, або забруднення їх, що і є одним із проявів негативного впливу людини на водні ресурси і основною причиною якісного виснаження останніх.

Під забрудненням розуміють насичення води такими речовинами і в таких кількостях, які погіршують якість води й спричиняють різні негативні наслідки. З точки зору господарського використання водні об'єкти вважаються забрудненими, якщо вони стали частково або повністю непридатними хоч би для одного з видів водокористування. Крім забруднення, водні об'єкти можуть засмічуватись.

Під засміченням розуміють потрапляння у водостоки і водойми сторонніх нерозчинних предметів (наприклад, шлаку, металолому, будівельного сміття тощо), які не змінюють якість води.

Під виснаженням вод розуміють зменшення придатної для використання води у водному об'єкті, яке обумовлене господарською діяльністю і має стійку направленість.

Джерел забруднення природних вод багато і вони дуже різноманітні. Крім промислових і комунально-побутових стічних вод, до них належать дощові та

снігові стоки, які змивають виробничий і побутовий бруд з промислових майданчиків і міських вулиць, вимивають штучні добрива й отрутохімікати з полів. Забруднюють воду промислові викиди в атмосферу у вигляді твердих часток і газів, котрі осідають на землю, та продукти побутової хімії. Причиною забруднення може бути безпосереднє скидання сміття та інших відходів у річки і водойми, робота транспорту, розмив берегів, розвиток синьо-зелених водоростей тощо.

В минулому забруднених стоків було порівняно небагато, вони мали переважно комунально-побутове походження. Стічні води багаторазово розводилися великою кількістю чистої води, а природні процеси самоочищення звільняли води від органічних забруднень.

У наш час становище різко змінилось. Індустріалізація країн, збільшення кількості міст і міського населення, інтенсифікація та хімізація сільського господарства спричинилися до значного збільшення водоспоживання і скидання стічних вод. Кількість стічних вод збільшилась у багато разів, змінився склад забруднювачів. У водостоки і водойми стали надходити у великій кількості стійкі забруднювачі, від яких вода не здатна звільнитися в процесі самоочищення. Внаслідок цього якість води погіршується, вона стає непридатною для питного водопостачання, в ній гинуть живі організми, а в ряді випадків вода стає непридатною навіть для технічного водопостачання. Відбувається не стільки кількісне, скільки якісне виснаження водних ресурсів, бо при скиданні 1 м<sup>3</sup> неочищених стічних вод забруднюється 40-60 м<sup>3</sup> (а іноді й у багато разів більше) чистої природної води.

Відповідно до водного кодексу України якість води – це характеристика складу і властивостей води, яка визначає її придатність для конкретного водоспоживача. Вимоги до якості води нормуються державними, галузевими стандартами або технічними умовами. Єдиного показника, який характеризував би якість води, не існує, тому її якість оцінюють на підставі системи показників.

Показники якості води поділяють на фізичні, хімічні, гідробіологічні, бактеріологічні. Іншою формою класифікації показників її якості є їхній розподіл на загальні й специфічні.

До фізичних показників якості води належить:

- 1) температура;
- 2) запах і смак;
- 3) прозорість;
- 4) кольоровість;
- 5) вміст завислих речовин.

До хімічних показників якості води належить:

- 1) розчинений кисень;
- 2) хімічне та біохімічне споживання кисню;
- 3) водневий показник (рН);
- 4) вміст азоту і фосфору;
- 5) мінеральний склад.



Мінеральний склад визначають за сумарним умістом семи головних іонів:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ .

До специфічних показників якості належать феноли, нафтопродукти, ПАР і СПАР, важкі метали та пестициди.

Бактеріологічні показники характеризують забрудненість води патогенними мікроорганізмами. До найважливіших бактеріологічних показників належать: колі-індекс – кількість кишкових паличок в 1 л води; колі-титр – кількість води виражена у мілілітрах, в якій може бути знайдено одну кишкову паличку; число лактозопозитивних кишкових паличок; число коліфагів.

Гідробіологічні показники дають змогу оцінити якість води за видовим складом живих організмів та рослинністю у водоймах. Зміна видового складу екосистем може відбуватися за незначного забруднення водойм, яке не виявляється жодним способом. Тому гідробіологічні показники є найбільш чутливими. Існує кілька способів гідробіологічного оцінювання якості води.

Оцінювання якості води за рівнем сапробності. Сапробність – це ступінь насичення води органічними речовинами. Використовуючи шкалу, запропоновану Кольквітцем і Марссоном, за наявності певних видів гідробіонтів (видів-індикаторів) у водоймі можна визначити категорію забрудненості води, так звану зону сапробності. Відповідно до цього способу водні об'єкти (або їхні ділянки) залежно від вмісту органічних речовин поділяють на полісапробні,  $\alpha$ -мезосапробні,  $\beta$ -мезосапробні та олігосапробні.

Оцінка якості вод за окремими показниками є не дуже об'єктивною і наочною. Повнішу картину щодо санітарного стану водойм можуть давати лише комплексні показники.

Принцип групової оцінки якості води водойм запропонував Драчев, який розподілив водойми на 5-6 категорій залежно від запитів учасників ВГК. Водночас інші автори запропонували характеризувати стан води водойм трьома групами показників:

- 1) загальносанітарними та органолептичними;
- 2) токсичними;
- 3) санітарно-мікробіологічними.

У кожній групі виявляється критичний лімітуючий показник. Загальнолімітуючим вважають показник тієї групи, який є визначальним щодо категорії водоспоживання-водокористування.

Оцінка і класифікація якості води базується на системі контрольних показників, з якими порівнюється якість досліджуваної води. Існують одиничні, опосередковані (непрямі) та комплексні оцінки забрудненості поверхневих вод за гідрохімічними показниками.

Комплексна оцінка забрудненості поверхневих вод – це уявлення про міру її забруднення або про її якість, що виражена через ту чи іншу систему показників або через обмежену сукупність характеристик складу і властивостей води, які порівнюються з критеріями якості води чи нормативами для певного виду водокористування чи водоспоживання.

Комплексні оцінки якості води повинні відповідати таким вимогам:

- 1) мати фізичну суть, бути не складними у визначенні, логічно зрозумілими;
- 2) мати універсальний характер, тобто повинні підходити для їх використання при оцінці якості води різних водних об'єктів;
- 3) мати максимальну інформативність, тобто мінімальна кількість показників, що використовується, повинна забезпечити максимально повну і надійну оцінку забрудненості поверхневих вод;
- 4) бути зіставними між собою в межах однієї території водного басейну чи його ділянки;
- 5) піддаватись автоматизованій обробці і накопиченню.

Індекс забрудненості води (ІЗВ) – це узагальнена чисельна оцінка якості води за сукупністю основних показників і видами водокористування. Такий вид комплексної оцінки забезпечує більш різносторонню і адекватну оцінку якості води.

Ця методика оцінки якості води за індексом забрудненості води (ІЗВ) була рекомендована для використання підрозділом Держкомгідромету. Це одна з найпростіших методик комплексної оцінки якості води.

Розрахунок індексу забрудненості поверхневих вод (ІЗВ) проводиться за обмеженим числом інгредієнтів. За результатами аналізів по кожному з показників визначається середнє арифметичне значення. Кількість аналізів для визначення середнього значення повинно бути не менше 4. Для поверхневих вод кількість показників, яка береться для розрахунку ІЗВ, повинна бути не меншою 6. До цих показників відносять: азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, біохімічне споживання кисню (БСК<sub>5</sub>). Знайдене середнє арифметичне значення кожного з показників порівнюється з їх гранично допустимими концентраціями. При цьому у випадку розчиненого кисню величина гранично допустимої концентрації ділиться на знайдене середнє значення концентрації кисню, тоді як для інших показників це робиться навпаки.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання.** Визначити індекс забрудненості води річки Молочної у межах м. Мелітополь, клас якості цих поверхневих вод та дати аналіз якості досліджених поверхневих вод виходячи з наступних розрахункових формул та даних.

Індекс забрудненості води (ІЗВ) розраховується за формулою:

$$I_{ЗВ} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (8.1)$$

де  $C_i$  – середня концентрація одного із шести показників якості води;

$ГДК_i$  – гранично допустима концентрація кожного з шести показників якості води.

Середню концентрацію азоту амонійного, азоту нітритного, нафтопродуктів і фенолу порівнюємо з їх гранично допустимим концентраціями, див. таблицю 8.1.

Таблиця 8.1 – Гранично допустимі концентрації речовин

Показник	ГДК (мг/дм <sup>3</sup> )
Азот амонійний	0,39
Азот нітритний	0,02
Нафтопродукти	0,05
Феноли	0,001

Середнє значення (С) біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>) порівнюємо з відповідними нормами (Н) за співвідношенням:  $\frac{C}{H}$ , табл. 8.2.

Таблиця 8.2 – Нормативи для БСК<sub>5</sub> при розрахунках ІЗВ

Споживання кисню БСК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Норматив, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
До 3 включно	3
3-15	2
Понад 15	1

Середня концентрація розчиненого кисню оцінюється за співвідношенням:  $\frac{H}{C}$ , де Н – величина розчиненого кисню, що приймається за норматив (табл. 8.3), а С – середня концентрація розчиненого кисню.

Таблиця 8.3 – Нормативні значення розчиненого кисню

Середній вміст розчиненого кисню (С <sub>i</sub> ), мг/дм <sup>3</sup>	Норматив (ГДК), мг/дм <sup>3</sup>
> 6	6
6 > С <sub>i</sub> > 5	12
5 > С <sub>i</sub> > 4	20
4 > С <sub>i</sub> > 3	30
3 > С <sub>i</sub> > 2	40
2 > С <sub>i</sub> > 1	50
1 > С <sub>i</sub> > 0	60

Потім складаємо значення всіх шести показників, які виражені через ГДК або норматив. Одержане сумарне значення ділимо на 6 і визначаємо ІЗВ. У разі відсутності у воді нафтопродуктів або фенолів сумарне значення також ділиться на 6.

Розрахунок ІЗВ можна вести у формі таблиці 8.4.

Після того як розрахована величина ІЗВ необхідно визначити клас якості води. Клас якості води – це рівні якості вод, встановлені за інтервалами

числових значень показників їх складу і властивостей. Ступінь чистоти (або забруднення) характеризується такими класами якості води, табл. 8.5.

Таблиця 8.4 – Результати розрахунку індексу забрудненості води (ІЗВ) для водного об'єкту \_\_\_\_\_ біля \_\_\_\_\_

Показник	Середня концентрація, мг/дм <sup>3</sup>	Співвідношення С/ГДК, для O <sub>2</sub> – Н/С
Азот амонійний		
Азот нітритний		
Нафтопродукти		
Феноли		
БСК <sub>5</sub>		
Розчинений кисень		
Сума співвідношень		
ІЗВ		
Клас якості води		

Таблиця 8.5 – Критерії оцінки якості вод за ІЗВ

Клас якості води	Текстовий опис	Величина ІЗВ
I	Дуже чиста	$ІЗВ \leq 0,3$
II	Чиста	$0,3 < ІЗВ < 1$
III	Помірно забруднена	$1 < ІЗВ < 2,5$
IV	Забруднена	$2,5 < ІЗВ < 4$
V	Брудна	$4 < ІЗВ < 6$
VI	Дуже брудна	$6 < ІЗВ < 10$
VII	Надзвичайно брудна	$ІЗВ > 10$

До першого класу належать води, що в мінімальній мірі відчують антропогенні навантаження. Гідрохімічні і гідробіологічні показники цих вод близькі до природних значень для даного регіону.

Для вод другого класу характерні певні зміни порівняно з природними, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги.

До третього класу відносять води, які знаходяться під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем.

Води четвертого-сьомого класу – це води з порушеними екологічними параметрами, їх екологічний стан оцінюється як екологічний регрес.

Для визначення індексу забрудненості води необхідно використовувати дані гідрохімічних досліджень річки Молочної, що представлені у табл. 8.6.

При проведенні аналізу якості вод слід звернути увагу на характер зміни якості вод у часі, пов'язати його з водністю річки, умовами її живлення, а також із характером господарської діяльності в басейні. Указати основні забруднювачі та причини погіршення якості вод.

Таблиця 8.6 – Результати гідрохімічних досліджень р. Молочної у межах Мелітополя у 2005 році за методикою Ю.Ю. Лур'є

Показник, мг/дм <sup>3</sup>	Дати відбору проб					
	05.07	06.07	10.08	30.08	06.09	04.10
Азот амонійний	1,78	3,08	0,98	0,96	1,80	0,36
Азот нітритний	0,05	0,11	0,08	0,47	0,03	0,16
Нафтопродукти	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
Феноли	0,0002	0,0001	0,0004	0,0002	0,0003	0,0001
БСК <sub>5</sub>	5,59	4,23	4,50	6,24	3,73	3,90
Розчинений кисень	7,8	6,5	4,5	7,15	8,1	9,6

#### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Прокоментуйте яке значення води у житті людини.
2. Дайте характеристику антропогенної евтрофікації природних вод.
3. Охарактеризуйте засолення прісних вод.
4. Дайте характеристику оцінці якості поверхневих вод суші за гідрохімічними показниками.
5. Прокоментуйте екологічну класифікацію прісних вод.

#### **Контрольні питання:**

1. Дайте характеристику фізичним та хімічним показникам якості води.
2. Дайте визначення сапробності.
3. Дайте характеристику комплексній оцінці якості води.
4. Дайте визначення ІЗВ.
5. Як проводиться розрахунок ІЗВ?
6. Що таке ГДК?
7. Дайте характеристику класів якості води.

### **ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 9**

**Тема:** Загальна гідрологічна характеристика підземних вод.

**Мета:** Оцінити можливість міграції різноманітних забруднень підземними водами.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий матеріал, аркуш міліметрового паперу, олівці, лінійка, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** Підземні води – це води, які знаходяться в товщі земної кори, заповнюючи різноманітні пустоти гірських порід (пори, тріщини, каверни тощо). Підземні води є складовою частиною гідросфери, вони перебувають у тісному зв'язку з атмосферними опадами, водами річок, озер, морів, різних штучних водойм та водотоків.

Підземні води України відіграють велику роль у водопостачанні країни. Вони забезпечують понад 50% господарсько-питного водопостачання. Загальні

прогнозні ресурси прісних підземних вод України становлять 22516,9 млн м<sup>3</sup>. Запаси підземних вод дуже нерівномірно розподілені по території України: 65% ресурсів зосереджено в Дніпровсько-Донецькому та Волино-Подільському артезіанських басейнах. Причорноморський артезіанський басейн та інші гідрогеологічні райони мають менш сприятливі умови формування підземних вод.

У гідрології підземних вод відомі такі теорії їхнього походження: інфільтраційна, конденсаційна, ювенільна, екзогенна, седиментаційна, похованих вод.

За інфільтраційною теорією, підземні води формуються за рахунок атмосферних опадів, які через дрібні канали в гірських породах проникають у шари Землі, де й накопичуються. Ця теорія була сформульована в 1717 році французьким фізиком Маріоттом.

Коли атмосферні опади випадають на поверхню тріщинуватих порід (базальтів, гранітів, пісковиків, особливо закарстованих), то на глибину вони проникають безпосередньо по тріщинах. Підземні води, що утворились завдяки просочуванню атмосферних вод у породи крізь великі тріщини називаються інфлюаційними.

За конденсаційною теорією підземні води формуються лише за рахунок водяної пари, яка міститься в повітрі. Ця теорія була висунута німецьким гідрологом Фольгером у 1877 році.

За ювенільною теорією підземні води утворюються на великих глибинах із пари і, можливо, із дисоційованих атомів водню та кисню. Початок цим водам дають газові виділення магми або води, що входять до багатьох мінералів у вигляді кристалізаційних або хімічно зв'язаних. Запропонував цю теорію в 1902 році австрійський геолог Е. Зюсс.

За теорією похованих вод – підземні води, це певна частина їх, яка сформувалася за рахунок вод стародавніх морських басейнів. З певних геологічних процесів ці води потрапляють у гірські породи, які з часом перекриваються більш молодими нашаруваннями, в чому і полягає "поховання" таких вод.

Седиментаційні підземні води утворюються із вод того водного об'єкта, де відбувався процес седиментації, тобто відкладання наносів.

Підземна вода може перебувати у вільному, пароподібному і фізично зв'язаному стані. До фізично зв'язаної води зазвичай належить міцно зв'язана гігроскопічна вода, яка утримується молекулярними силами на поверхні часточок породи. На великих глибинах за високого тиску, який досягає сотень мегапаскалів, вода витискується з породи і переходить у вільний стан. До фізично зв'язаної води належить також капілярна вода, яка під дією капілярних сил переміщується в тонких порах і шпаринах.

Підземні води заповнюють пори, тріщини й пустоти, тісно контактують з ґрунтом і породами земної кори. Для них характерне пошарове розміщення водоносних горизонтів (рис. 10.1), що відокремлені водонепроникними пластами породи, слабкий зв'язок з атмосферою, незначний розвиток біологічних процесів, бідність форм життя, підвищені температура і тиск. Усе

це сприяє меншому забрудненню вод нечистотами та мікроорганізмами, завдяки чому вони за якістю наближені до питних вод. Знаходячись на значних і різних глибинах, вони характеризуються стабільним хімічним складом.

За глибиною залягання підземні води поділяють на три зони. Верхня зона, глибина якої здебільшого становить 2-6 м (див. рис. 9.1), але може досягти 20-60 м (середня частина України) і навіть 300 м (південна частина України), має активний водообмін, зазнає дії фільтраційних атмосферних опадів та деякою мірою атмосферного повітря. Мінералізація води коливається в межах 100-1000 мг/дм<sup>3</sup>. Середня зона розміщена на глибині 300-600 м, інколи – 2000 м. Цю воду використовують для бальнеологічних цілей. Нижня зона залягає на глибині кількох кілометрів. У цій зоні практично немає водообміну і містяться високомінералізовані води хлорнатрієво-кальцієвого складу, інколи зі значним вмістом сірководню, броду та рідкісних елементів. Ці води використовують у промисловості для добування йоду, броду та рідкісних елементів.

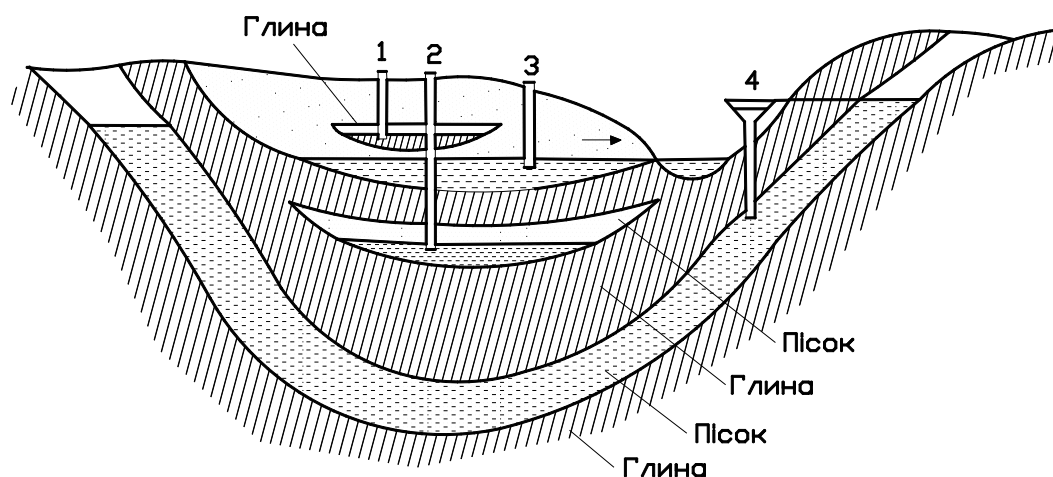


Рис. 9.1 – Схема залягання підземних вод:

1 – верховодка; 2 – міжпластові безнапірні води; 3 – ґрунтові вод; 4 – міжпластові напірні (артезіанські) води.

Із господарсько-питною метою використовують здебільшого воду верхньої зони. Якість води залежить від типів ґрунтів і порід, розміщених нижче. Зі збільшенням глибини залягання води зменшується число мікроорганізмів і на глибині 6 м і більше воно дорівнює нулю. Шар ґрунту завтовшки 3,5-4 м на полях фільтрації затримує до 90% мікроорганізмів.

Україна має значні запаси підземних вод. Як і поверхневі, підземні води складаються зі щорічно відновлюваних і вікових запасів. Найпрактичнішими є щорічно відновлювані ресурси підземних вод, тобто води зони активного водообміну, об'єм яких становить 18,6 км<sup>3</sup>/рік.

Підземні води зосереджені в окремих артезіанських басейнах і провінціях. Найбільше їх припадає на Дніпровсько-Донецький (57,4%) та Волинсько-Подільський (16,9%) артезіанські басейни. В інших регіонах України ресурси підземних вод значно менші (в гідрогеологічній провінції Українського щита

10,1%, Причорноморському артезіанському басейні – 8,7%, Карпатській гідрогеологічній провінції – 3,5%, Донецькій – 2,8%, Гірському Криму – 0,6%). Частина підземних вод безпосередньо пов'язана з поверхневими водами, вони надходять до річок у вигляді підземного стоку. Ресурси цих вод сумарно дорівнюють величині підземного стоку (11,4 км<sup>3</sup>/рік) і враховуються при визначенні ресурсів поверхневих вод.

Прогнозні ресурси підземних вод України оцінені як 22,5 км<sup>3</sup>/рік, або 61,7 млн м<sup>3</sup>/добу, з них, гідравлічно не зв'язаних з річковим стоком, – лише 7 км<sup>3</sup>/рік (19 млн м<sup>3</sup>/добу).

Для підземних вод розрізняють ємнісні запаси і пружні запаси. Ємнісні запаси визначають за формулою:

$$V_e = \mu \cdot V, \quad (9.1)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт водовіддачі;  
 $V$  – об'єм пласта.

Пружні запаси підземних вод – це кількість води, яка міститься в тріщинах і порах напірних пластів і вивільнюється при відкриванні пласта (свердловиною). Ці запаси можуть бути оцінені за величиною напору над верхнім рівнем водоносного горизонту:

$$V_n = \beta \cdot S \cdot H_{сер}, \quad (9.2)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт пружної водовіддачі;  
 $S$  – площа поширення водоносного горизонту;  
 $H_{сер}$  – середня величина напору.

Середні значення коефіцієнта  $\beta$  для сипучих ґрунтів складають  $10^{-3}$  -  $10^{-4}$ ; для тріщинуватих порід – відповідно  $10^{-4}$  -  $10^{-6}$ .

Серед інших методів оцінки запасів підземних вод виділимо математичні методи. За ними складають водний баланс для певної території, розв'язують рівняння водного балансу та виділяють складову підземних вод.

Порівнюючи санітарний стан поверхневих і підземних прісних вод можна стверджувати, що останні є набагато чистішими, ніж поверхневі, оскільки вони мають стабільний стік, а їх якість (за винятком інфільтраційних) практично не залежить від погодних (сезонних) змін. Отже, підземні води є найціннішими для водопостачання, але вони розміщені на території країни нерівномірно. Тому воду підземних джерел споживає близько 15% населення (переважно сільське і селищ міського типу). Однак велика кількість підземних вод унаслідок незадовільних геохімічних умов формування є некондиційною для питних потреб.



Залізовмісні підземні води, в яких майже завжди міститься манган, поширені по всій території країни. Концентрація заліза і мангану в них відповідно становить 0,5-20 мг/л і більше та 0,2-4 мг/л.

Підземні води, так само як і поверхневі джерела, постійно зазнають впливу господарської діяльності, інтенсивність якої з кожним роком зростає.

Основними забруднювачами є накопичувачі промислових та побутових рідких і твердих відходів, агресивні шахтні та рудникові води, залишки мінеральних добрив та пестицидів. Так, у межах басейну Дніпра знаходиться близько 1000 фільтраційних накопичувачів, 80% з яких припадає на південну частину басейну. Загальний об'єм накопичених забруднених вод у них досягає близько 1 км<sup>3</sup> (77% припадає лише на Дніпропетровську обл.). Наявність у цьому басейні накопичувачів токсичних відходів, 40% з яких належить до небезпечних і 15% – до особливо небезпечних, призводить до постійного забруднення вод підземних горизонтів сполуками важких металів, нафтопродуктами, органічними речовинами, створює загрозу глобальної катастрофи. Велике забруднення підземних вод нафтопродуктами спостерігається в районах розташування військових частин, аеродромів та інших аналогічних об'єктів.

У гірничо-видобувних районах країни (Донецькій, Запорізькій, Дніпропетровській і Полтавській областях) забруднення підземних вод переважно зумовлено надходженням дуже забруднених дренажних, рудникових та шахтних вод. Так, у районі Кривбасу рівень забруднення мінеральними речовинами становить понад 12 г/л.

До санітарно-гігієнічних та адміністративних заходів з охорони водних ресурсів відносяться створення водоохоронних зон, прибережних захисних смуг та зон санітарної охорони.

Залежно від типу джерела питного водопостачання (поверхневе, підземне), ступеня його захищеності і ризику біологічного, хімічного та радіаційного забруднення, особливостей санітарних, гідрогеологічних і гідрологічних умов, а також характеру забруднюючих речовин встановлюються зони санітарної охорони та окремі пояси особливого режиму цих зон.

Встановлення меж зон санітарної охорони джерел та об'єктів централізованого питного водопостачання здійснюється у процесі розроблення проекту землеустрою.

Межі зон санітарної охорони та поясів особливого режиму встановлюються органами місцевого самоврядування за погодженням з місцевими органами виконавчої влади з водного господарства та органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду.

Вплив потенційних джерел – забруднювачів підземних вод, що розташовані в межах другого та третього поясів зони санітарної охорони і які з технічних причин не можуть бути винесені за межі цих зон (нафтопроводи, продуктопроводи, поля фільтрації, скотомогильники тощо), визначається по кожному такому об'єкті окремо на підставі результатів вивчення міграції забруднюючих речовин у навколишньому природному середовищі. При значному техногенному навантаженні в межах другого та третього поясів зони

санітарної охорони з метою контролю за експлуатацією джерел питного водопостачання та прийняттям водогосподарських рішень здійснюються постійні моніторингові дослідження.

У разі розташування зони санітарної охорони на територіях двох і більше областей її межі встановлюються Кабінетом Міністрів України за поданням центрального органу виконавчої влади з питань житлово-комунального господарства та за погодженням із центральними органами виконавчої влади із забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя, водного господарства, земельних ресурсів та відповідними органами місцевого самоврядування.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання.** Необхідно розрахувати час ( $t_1$ ) за який забруднююча речовина може досягнути рівня підземних вод. Розрахувати час ( $t_2$ ) горизонтальної міграції забруднень у напрямку населеного пункту.

Для оцінки можливості прогнозувати шляхи міграції різноманітних забруднень підземними водами необхідно враховувати тип ландшафту, вид забруднення та водний режим підземних вод.

До стійких забруднювачів підземних вод відносяться: трихлоретилен, тетрахлоретилен, тетрахлоретан та інші, відходи хімічної промисловості, нафтопродукти, формальдегід, синтетичні ПАВ.

Для розрахунку часу ( $t_1$ ) за який забруднююча речовина може досягнути рівня підземних вод (та зможе мігрувати) використовують формулу:

$$t_1 = \frac{mn}{\sqrt[3]{q^2 k\phi_1}}, \quad (9.3)$$

де  $m$  – щільність порід у зоні живлення водного горизонту;

$n$  – активна пористість слабопроникних порід  $n$  (0,1-0,7);

$q$  – величина інфільтраційного живлення (м/добу);

$k\phi_1$  – коефіцієнт порід піщано-глинистого складу (0,07-0,5 м/добу).

Для розрахунку часу ( $t_2$ ) горизонтальної міграції забруднень у напрямку населеного пункту використовують формулу:

$$t_2 = \frac{Ln}{k\phi_2 i}, \quad (9.4)$$

де  $L$  – відстань від місця аварії до населеного пункту, м;

$k\phi_2$  – коефіцієнт фільтрації порід, що здатні утримувати воду;

$i$  – величина нахилу водної поверхні підземного горизонту.

Величину нахилу водної поверхні підземного горизонту розраховують за формулою:

$$i = \frac{H_2 - H_1}{L}, \quad (9.5)$$

де  $H_1$  – абсолютна висота населеного пункту, м;  
 $H_2$  – абсолютний показник (висота) місця аварії, м.

Вихідні дані для самостійного виконання завдання представлені в табл. 9.1.

Таблиця 9.1 – Дані для розрахунку часу ( $t_1$ ) за який забруднююча речовина може досягнути рівня підземних вод та часу ( $t_2$ ) горизонтальної міграції забруднень у напрямку населеного пункту.

Задача 1	Задача 2
$L = 865$ м	$L = 955$ м
$H_1 = 287$ м	$H_1 = 283$ м
$H_2 = 291$ м	$H_2 = 307$ м
$m = 5,0$	$m = 5,0$
$n = 0,2$	$n = 0,15$
$k\phi_1 = 0,09$ м/добу	$k\phi_1 = 0,5$ м/добу
$k\phi_2 = 9$	$k\phi_2 = 9$
$q = 100$ мм/рік	$q = 150$ мм/рік

#### Завдання для самостійної роботи:

1. Прокоментуйте види води у порах ґрунту.
2. Проаналізуйте фільтраційні властивості порід і рух підземних вод.
3. Прокоментуйте взаємодію поверхневих і підземних вод.
4. Охарактеризуйте основні особливості хімічного складу підземних вод?
5. Прокоментуйте закон фільтрації Дарсі.
6. Охарактеризуйте фізичні властивості порід.
7. Проаналізуйте роль ґрунтових вод у живленні річок.

#### Контрольні питання:

1. Які води називаються підземними?
2. Теорії походження підземних вод.
3. Класифікація підземних вод за характером залягання.
4. Вкажіть за рахунок чого відбувається забруднення підземних вод.
5. Що таке ємнісні запаси і пружні запаси підземних вод і як їх розраховують?
6. В яких артезіанських басейнах і провінціях залягають підземні води в Україні.
7. Які основні закономірності розповсюдження підземних вод у товщі земної кори?

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 10

**Тема:** Хвильових рух, хвилювання, течії, та температурний режим в океанах і морях.

**Мета:** Проаналізувати зміни температури води з глибиною на гідрологічному розрізі ділянки океану.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий матеріал, атлас, географічна карта, аркуш міліметрового паперу, олівці, лінійка, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** Світовий океан – безперервна водна оболонка Землі, яке оточена материками та островами і володіє спільністю сольового складу.

Океан – частина Світового океану, яка розміщена між материками, має великі розміри, самостійну циркуляцію вод і атмосфери та особливий гідрологічний режим. Складовими частинами океанів є моря, затоки, протоки.

Світовий океан, хоч і єдиний, проте ділиться на більш-менш самостійні частини, що має істотне значення для розв'язання наукових практичних завдань. У 1967 р. Світовий океан стали поділяти на чотири частини: Тихий, Атлантичний, Індійський, Північній Льодовитий.

В результаті тривалих досліджень встановлено великі відмінності антарктичних вод від інших океанів і пропонується виділяти п'ятий океан – Південний Льодовитий. Але деякі спеціалісти не підтримують цих доводів, виходячи з того, що океани з усіх боків мають оточувати материки і тому відповідні райони Південного Льодовитого океану вони відносяться до тихоокеанського, атлантичного та індійського секторів.

Припливно-відпливні явища, або припливи – це складні хвильові рухи водної товщі, зумовлені силами всесвітнього тяжіння і виражені в періодичних змінах рівня і течій. Виникають вони в результаті дії сил притягання Місяця і Сонця. Наочно це явище спостерігається у вигляді періодичних коливань рівня біля берегів, де відбувається то підвищення рівня – приплив, то зниження – відплив. Крайнє положення рівня в кінці припливу називається повною водою, в кінці відпливу – малою водою, різниця цих рівнів називається величиною припливу. Проміжок часу між двома послідовними повними чи малими водами називається періодом припливу. Залежно від періоду розрізняють припливи півдобові, добові і мішані (неправильні півдобові або неправильні добові). Період півдобових припливів у середньому дорівнює 12 год. 25 хв. Протягом місячної доби при цьому типі припливів регулярно спостерігаються дві повних і дві малих води. При добових припливах майже завжди за місячну добу спостерігається одна повна і одна мала вода. Часто протягом місяця явище змінює свою періодичність, наближаючись то до півдобового, то до добового типу. Такі припливи називаються мішаними.

Деяка незручність полягає в тому, що одним і тим же терміном "приплив" позначається і явище в цілому, і одна його частина. Хоча в інших мовах (наприклад, в англійській, французькій, німецькій) для цього є різні назви. Однак зараз немає потреби вигадувати нове слово для позначення явища в цілому, оскільки легко зрозуміти, в якому сенсі вживають слово "приплив".

Припливно-відпливні коливання рівня спричиняє спільний вплив притягання Місяця і Сонця. Місячні припливотворні сили, що зумовлені силами тяжіння між Місяцем і Землею, визначають основні риси припливних явищ на Землі. Припливна хвиля ніби рухається за Місяцем, роблячи добове обертання навколо Землі. Повна вода настає приблизно в момент проходження Місяця через меридіан даного місця (цей момент називається кульмінацією Місяця), як правило, з деяким запізненням. Проміжок часу між кульмінацією Місяця і моментом настання найближчої повної води називається місячним проміжком. Середня величина останнього називається прикладним часом порту. Вона використовується як індивідуальна особливість порту і для приблизного визначення моменту настання повної води за астрономічним щорічником.

Коли Місяць і Сонце знаходяться на одній лінії з Землею (сизигії), величини припливів найбільші. Коли Місяць і Сонце видно з Землі під прямим кутом (квадратури), величини припливів стають найменшими. Перші називаються сизигійними, другі – квадратурними. Найбільший сизигійний приплив часто не збігається з моментом сизигії. Проміжок часу між сизигіями і сизигійними припливами називається віком припливу.

Земля і Місяць, рухаючись світовому просторі, взаємно притягуються, завдяки чому обертаються навколо загального для них центру тяжіння. Центр тяжіння системи Земля – Місяць знаходиться на віддалі 0,73 земного радіуса, тобто в середині Землі. Пояснюється це тим, що маса Землі в 81,5 раза більша маси Місяця. Система Земля – Місяць робить повний оберт навколо загального центру тяжіння приблизно за 27 діб.

В результаті обертання навколо загального центру тяжіння на Землі і на Місяці розвиваються відцентрові сили, однакові в кожній точці Землі і паралельні одна одній. Крім того, за величиною вони дорівнюють відцентровій силі в центрі Землі.

На відміну від відцентрової сили, сила тяжіння Місяця для кожної точки Землі різна, бо вона залежить від квадрата віддалі між цією точкою і центром Місяця, причому завжди і скрізь спрямована до центру.

В результаті в кожній точці Землі припливоутворювальна сила є рівнодіючою між притяганням Місяця і відцентровою силою в тій самій точці, що утворюється в результаті обертання Землі навколо загального з Місяцем центру тяжіння.

Припливоутворювальні сили Сонця зумовлюють виникнення сонячних припливів. Дія сил аналогічна відзначеному вище. Кожна з цих систем припливів – місячних і сонячних – виникає цілком незалежно, але, утворившись, місячні і сонячні припливи складаються, і в морі спостерігається сумарний місячно-сонячний приплив. Через те, що віддаль від Землі до Сонця в 400 раз більша, ніж до Місяця, припливоутворювальна сила останнього в 2,17 рази більша припливоутворювальної сили Сонця.

В океанах частки води переносяться з одного району в інший на дуже великі відстані. Ці переміщення часто займають величезні маси океанічних вод,

охоплюючи широкою смугою шар води певної глибини. На великих глибинах і біля дна існують повільніші переміщення часток, як правило, в напрямі, зворотному до поверхневих водних мас. Поступальний рух часток води з одного місця океану чи моря в інше називається течією.

Крім постійних переміщень водних мас, у морях і океанах існують поступальні рухи води, спричинені змінними вітрами. Рухи води можуть мати також періодичний характер, вони спричинені дією припливоутворювальних сил Місяця і Сонця (припливно-відпливні течії).

Існує низка класифікацій морських течій. Основною вважається класифікація течій за походженням, це:

- густині течії, зумовлені нерівномірним горизонтальним розподілом густини води;
- вітрові, або дрейфові, спричинені силою тертя рухомого повітря;
- припливно-відпливні, зумовлені дією періодичних припливно-утворювальних сил Місяця і Сонця;
- згінноагінні, спричинені нахилом поверхні моря в результаті дії вітру;
- бароградієнтні, пов'язані з нахилом рівня моря, зумовленим змінами в розподілі атмосферного тиску;
- стокові, що утворюються за рахунок підвищення рівня в прибережних ділянках у результаті річкового стоку.

За стійкістю течії поділяються на постійні, періодичні і тимчасові. Постійні течії мало змінюють швидкість і напрямок протягом сезону або року. Це пасатні течії всіх океанів, Гольфстрім, Куро-Сіво і ряд інших, Періодичні течії повторюються через однакові проміжки часу у певній послідовності (припливно-відпливні). Тимчасові (неперіодичні) течії виникають унаслідок неперіодичної взаємодії зовнішніх сил, насамперед вітру.

За глибиною розміщення виділяють течії: поверхневі, які поширюються на глибину до 100 м; глибинні, які зустрічаються на різних глибинах від поверхні моря; придонні, поширені в шарі, прилеглому до дна.

За характером руху виділяють прямолінійні криволінійні течії, які, у свою чергу, поділяються на циклонічні і, антициклонічні.

За фізико-хімічними властивостями розрізняють теплі й холодні, солоні й розпріснені течії. В північній півкулі, як правило, течії, що рухаються в північному напрямі, є теплими (Гольфстрім, Куро-Сіво), а течії, що рухаються на південь, – холодними (Лабрадорська, Курильська).

Найбільш яскраво у Світовому океані виражені течії, які утворюються в результаті взаємодії одразу кількох факторів.

В результаті тертя вітру об поверхню моря і частково в результаті тиску вітру на поверхню хвиль виникають вітрові течії. При цьому течії, які виникають в результаті дії тривалих панівних вітрів, називаються дрейфовими. Прикладом дрейфових течій є пасатні, Північноатлантична, течія Західних Вітрів. Енергія руху тертя передається в нижчі шари води, внаслідок чого виникає їхній поступальний рух.

Після виникнення течії починають діяти й другорядні сили і фактори, які впливають на течії. Ці сили самі по собі не здатні спричинити течії, але вони видозмінюють зароджені течії. До них можна віднести силу Коріоліса і силу тертя. Перша примушує потік відхилитись від свого напрямку в північній півкулі вправо, а в південній – вліво; друга на межі течії гальмує її, поглинаючи частину кінетичної енергії. Крім того, напрямок течії змінюють конфігурація берегів материків і рельєф дна океану. Під потужними океанічними течіями існують протитечії, тобто течії, спрямовані в бік, протилежний поверхневим течіям. Такі протитечії спочатку були відкриті під Гольфстрімом, а пізніше – під Куро-Сіво.

Хвилювання є одним з різновидів хвильових рухів, які існують в океані. Хвилі, незалежно від факторів, якими вони спричинені, являють собою коливальні рухи рідини в деякому шарі води. В цьому шарі частки води роблять періодичні коливання навколо положення своєї рівноваги.

Морські хвилі бувають: вітрові; припливно-відпливні, що виникають під дією сил притягання Місяця і Сонця; анемобаричні, пов'язані зі зміною поверхні океану від положення рівноваги під дією вітру й атмосферного тиску; сейсмічні (цунамі), що виникають у результаті динамічних процесів у земній корі (землетруси, вулканічні виверження); корабельні, що утворюються при русі корабля. Значне поширення на поверхні океанів і морів мають вітрові і припливно-відпливні хвилі.

За розміщенням розрізняють поверхневі хвилі, що утворюються на поверхні моря, і внутрішні, що виникають на деякій глибині і майже не проявляються на поверхні.

За формою розрізняють хвилі поступальні, в яких спостерігається видиме переміщення хвилі, і стоячі (типу сейш), у яких такого переміщення не буває.

Хвилі ще поділяються на короткі і довгі. У коротких хвиль довжини хвилі менша глибини моря; у довгих, навпаки, довжина хвилі більша глибини моря.

Розрізняють такі елементи хвиль: гребінь хвилі – найвища точка хвильового профілю; підошва хвилі – найнижча точка хвильового профілю; фронт хвилі – лінія, яка проходить уздовж гребеню хвилі і перпендикулярна до напрямку переміщення хвиль; висота хвилі – віддалі, по вертикалі від найвищої до найнижчої точки хвильового профілю, довжина хвилі – горизонтальна відстань між двома послідовно розміщеними найнижчими точками в напрямку розходження хвиль (чи між двома гребенями двох послідовних хвиль).

Вітрові хвилі. Діючи на поверхню води, вітер, завдяки тертю об воду, створює дотичну напругу, а також спричинює місцеві коливання тиску повітря. В результаті на поверхні води навіть при швидкості вітру 1 м/с утворюються малі хвилі, висота яких вимірюється міліметрами, а довжини – сантиметрами. Ці, щойно зароджені хвилі мають вигляд рябі. Оскільки існування таких хвиль пов'язане з поверхневим натягом, їх називають капілярними. Якщо вітер пройшов над водою короткочасним поривом, то створені ним плями рябі зникають із закінченням вітру – поверхневий натяг прагне скоротити площу поверхні води. Якщо вітер стійкий, то капілярні хвилі, інтерферуючи,

збільшуються за розмірами, перш за все по довжині. Зростання хвиль приводить до об'єднання їх у групи і видовження до кількох метрів. Хвилі стають гравітаційними.

Сума тепла, яке надходить у воду або витрачається нею в результаті всіх теплових процесів, називається тепловим балансом моря. Окремі складові прибутку або витрачання тепла називаються елементами теплового балансу і обчислюються в джоулях на  $1 \text{ см}^2$ .

Однією з найважливіших фізичних характеристик морської води є її температура. Головним джерелом теплової енергії вод є сонячна радіація, а також енергія припливів і відпливів; внутрішнє тепло Землі; теплообмін поверхневих шарів води океанів і морів з атмосферою; конденсація вологи, випадіння теплих опадів; теплі течії тощо.

Вода може охолоджуватись при випаровуванні; випромінюванні теплової енергії в атмосферу; конвективному теплообміні між морем і атмосферою; випадінні холодних опадів.

Поверхневі шари можуть охолоджуватись також при перемішуванні поверхневих шарів із глибинними холодними водами, при згоні вітром поверхневих теплих вод. Розподіл температури води на поверхні океанів і морів має зональний характер: температура поступово знижується від екватора до полюсів. Порушує цю зональність вплив материків і течій.

З глибиною температура води в океанах і морях, як правило, знижується.

Тепло від поверхневих шарів води до глибин передається шляхом механічного перемішування та конвекції. Перемішування води спричинене вітровими хвилями та течіями. Конвекція виникає тоді, коли густина шарів води, розміщених вище, більша, ніж густина шарів, розміщених нижче. На температурний режим прибережних вод часто впливають згінно-нагінні явища, течії, тепловий стік річок.

Середня температура води на поверхні Світового океану –  $17,4^{\circ}\text{C}$ , Тихого –  $19,1^{\circ}\text{C}$ , Індійського –  $17^{\circ}\text{C}$ , Атлантичного –  $16,9^{\circ}\text{C}$ . Максимальну температуру на поверхні Світового океану має вода в Перській затоці ( $35,6^{\circ}\text{C}$ ).

У північній півкулі температура води на поверхні вища, ніж на відповідних широтах південної півкулі.

В океанах і морях спостерігається добовий і річний хід температури води, пов'язаний з відповідною зміною надходження сонячної радіації. Максимальних значень температура води досягає через 2,5-3 год., після полудня, а мінімальних – перед сходом Сонця. На поверхні амплітуда добових коливань температури дуже мала ( $0,2-0,3^{\circ}$ ), біля тропіків вона підвищується (до  $0,3-0,4^{\circ}$ ). Добові коливання температури води, як правило, спостерігаються в шарі завглибшки 25-30 м.

Річний хід температури залежить від співвідношення прибуткової та видаткової частин теплового балансу протягом року: взимку вода втрачає тепло, а влітку, навпаки, акумулює. Велике значення мають також процеси і перемішування водних мас і морські течії.



Максимальні температури води на поверхні океанів спостерігаються в північній півкулі у вересні (іноді в другій половині серпня), у південній – в лютому-березні. Мінімальні температури води бувають у північній півкулі і в лютому-березні, а в південній – у серпні-вересні.

Амплітуди річних коливань температури води відкритих частин океанів значно більші, ніж добові. Найменші значення їх в океанах спостерігаються в приекваторіальній зоні (до 1°C). Найбільші річні амплітуди (до 3-5°C) спостерігаються біля 40° пн. ш. і 300 пд. ш., а значні – коло берегів Північної Америки, на південь від Нової Шотландії і біля берегів Азії – на схід від Японських островів. Пояснюється це впливом холодних і теплих течій: відповідно Лабрадорської і Гольфстріму та Курильської течії і Куро-Сіво. Річні коливання температури води сягають глибше, ніж добові, і охоплюють шар води 400-500 м. Нижче цієї глибини температура води не має ані добових, ані річних коливань.

Сезонні коливання температури в морях значно більші і зростають з віддаленням від океану. Так, у Чорному морі різниця літньої і зимової температури становить 18-20°C, а в Азовському – 25-28°C.

Найбільша температура води на поверхні Світового океану спостерігається в екваторіальній зоні, дещо північніше екватора. Лінія найвищої температури води називається термічним екватором. Поблизу нього річна температура води дорівнює 27-28°C. Ця лінія зміщується на кілька градусів широти на північ влітку і на південь – взимку.

Від зони термічного екватора температура води в поверхневому шарі океану знижується в напрямку полюсів до 1-1,8°C. Біля берегів, особливо в затоках, температура води влітку може підвищуватись до 30-32°C.

Загальний зональний розподіл температури, як і розподіл солоності води, порушується течіями річками, які впадають, і льодом.

Найбільші значення середньорічних і добових температур у всіх океанах спостерігаються трохи північніше екватора. В Індійському і Тихому океанах вони перевищують 29°C, а в Атлантичному досягають 28°C. Середня температура води на поверхні Світового океану – 17,4°C, Тихого – 19,1°C, Індійського і Атлантичного – відповідно 17 і 16,9°C. Максимальну температуру на поверхні Світового океану має вода в Перській затоці (35,6°).

У північній півкулі температура води на поверхні трьох океанів вища, ніж на відповідних шпротах південної. Це пояснюється впливом холодних вод Антарктиди, які вільно проникають у помірні широти океанів.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання.** Необхідно побудувати графік вертикального розподілу температури води в океані на гідрологічному розрізі. Дати аналіз зміни температури води на гідрологічному розрізі.

Будуємо графік вертикального розподілу температури води ділянки океану, використовуючи дані. По осі ординат відкладаємо глибини вниз від поверхні води, а по осі абсцис – відстань між гідрологічними станціями.

Дані температури води наносимо на виділені горизонти 0 м, 200 м, 500 м, 1000 м тощо кожної гідрологічної станції. Після цього за допомогою інтерполяції проводимо ізотерми – лінії рівних температур води через 1-2° (рис. 10.1).

Для проведення аналізу зміни температури води з глибиною на гідрологічному розрізі ділянки океану використовуємо побудований графік, а також атлас або географічну карту. На карті визначаємо місце розташування, наявність течій, близькість материків та інші фактори, які впливають на термічний режим ділянки океану. Необхідно дати характеристику зміни температури води на поверхні, із глибиною на гідрологічному розрізі ділянки океану та указати причини такого розподілу.

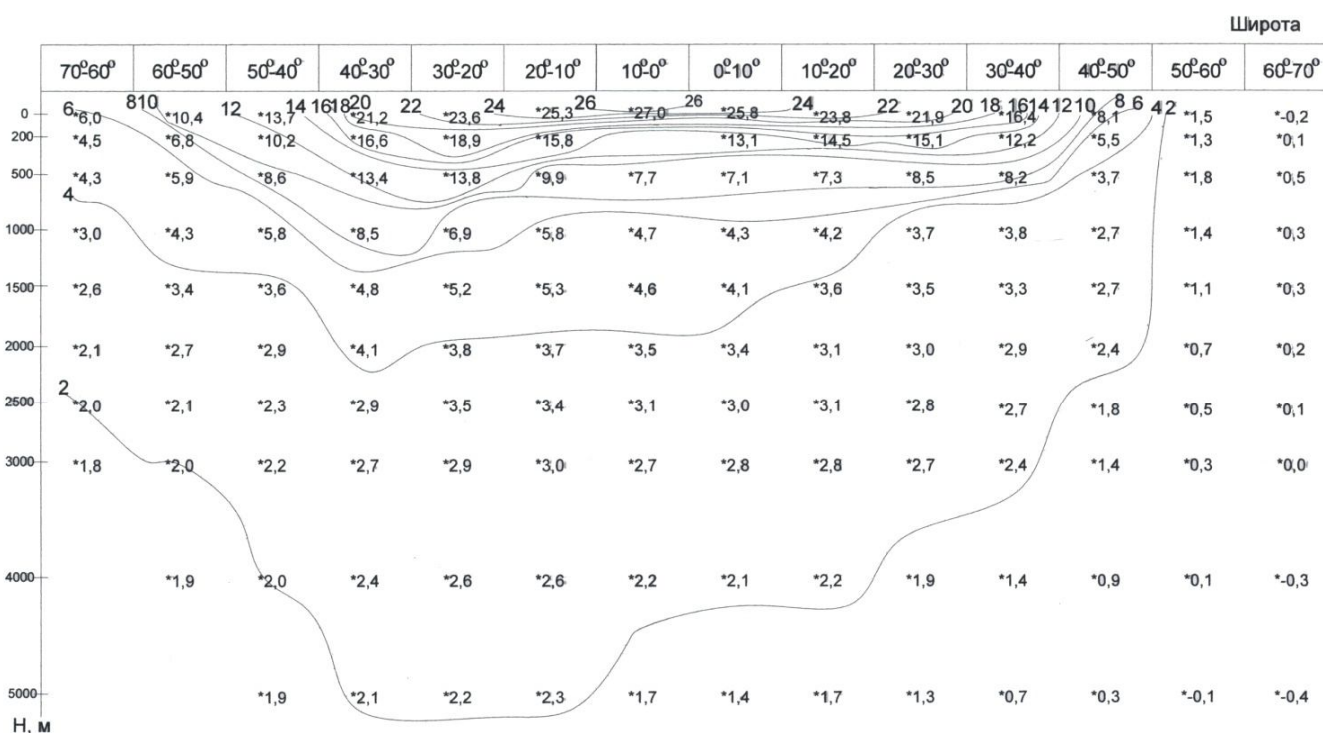


Рис.1. Розподіл температури води в Атлантичному океані з глибиною.

Рис. 10.1 – Розподіл температури води в Атлантичному океані з глибиною.

### Завдання для самостійної роботи:

1. Охарактеризуйте рельєф дна океанів і морів.
2. Дайте характеристику донним відкладенням в океанах і морях.
3. Прокоментуйте хімічний склад вод Світового океану та їх солоність.
4. Дайте характеристику водним масам Світового океану.
5. Охарактеризуйте лід в океанах і морях.
6. Порівняйте життя в океанах і морях, використання їх ресурсів.

### Контрольні питання:

1. Який розподіл температури води на поверхні океанів і морів?

2. Що порушує зональність розподілу температури води на поверхні?
3. Як змінюється температура води в океанах і морях із глибиною?
4. Чому Південна півкуля холодніша за Північну?
5. Яка середня температура поверхневих вод Світового океану?
6. Який океан тепліший і чому?
7. Як змінюється температура води в океанах?
8. Які елементи хвиль розрізняють?
9. Яка існує класифікація морських течій за походженням?
10. Що розуміють під приливно-відливними явищами в океанах і морях.

## ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ТА ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ З РОЗДІЛУ II

### **Питання до самоконтролю.**

1. Річний стік у водосховищі.
2. Коливання рівня води у водосховищі та формування його режиму.
3. Типи ґрунтів у водосховищах.
4. Характеристика льодового режиму у водосховищах.
5. Водні маси у водосховищах дніпровського каскаду.
6. Гідрохімічний режим водосховищ.
7. Органічні речовини та евтрофікація водосховищ.
8. Види живлення водосховищ.
9. Кругообіг речовин та наслідки ЧАЕС у водосховищах дніпровського каскаду.
10. Водосховища та їх використання у народному господарстві.
11. Класифікація підземних вод.
12. Характеристика хімічних властивостей підземних вод.
13. Ґрунтові води та їх характеристика.
14. Що характеризує режим ґрунтових вод.
15. Класифікація зональних ґрунтових вод.
16. Утворення боліт.
17. Класифікація боліт за рослинністю та за способом живлення.
18. Види живлення боліт.
19. Коливання ґрунтових вод в болотах.
20. Випаровування боліт різних типів.
21. Осушення боліт та їх наслідки.
22. Зв'язок між водним та сольовим балансом в океані.
23. Уявлення про біоресурси у Світовому океані.
24. Склад наносів та ґрунтів в морях.
25. Еволюція Землі й формування Світового океану.
26. Сучасна гідросфера й хімічний склад вод Світового океану.
27. Динаміка вод в океані.
28. Утворення морських льодовиків.
29. Вплив Світового океану на формування погоди й клімату.
30. Хвильовий рух в океані.

31. Течія в океані.
32. Хвилеподібний рух вод й атмосферного повітря в океані.
33. Механізм саморегуляції у морському середовищі.
34. Сучасний екологічний стан басейну річок й регіонів України.
35. Екологічно безпечне водокористування.
36. Використання інноваційних технологій для збереження водних ресурсів.
37. Забруднення поверхневих та підземних вод.
38. Водогосподарські баланси річних басейнів й адміністрацій них територій.
39. Проблеми охорони річок в умовах техногенного навантаження й інтенсифікації сільського господарства.
40. Теорії щодо походження підземних вод.
41. Стан води в гірських породах земної кори.
42. Методи обчислення теплового, водного та сольового балансів в океані.
43. Формування льодовиків та їх живлення.

### **Тестові завдання.**

Приклади.

1. В залежності від морфології ложа водосховища поділяють на:
  - а) гірські;
  - б) пустельні.
  - в) долинні;
  
2. Невелика частина океану, яка врізається в сушу чи відмежована від нього берегами материків, півостровами та островами називається:
  - а) затокою;
  - б) протокою;
  - в) лиманом.
  
3. Осушення боліт полягає в:
  - а) штучному зниженні рівня ґрунтових вод;
  - б) штучному зниженні рівня артезіанських вод;
  - в) штучному зниженні рівня поверхневих вод.
4. Болота, що живляться тільки атмосферними опадами називають:
  - а) евтрофними;
  - б) мезотрофними;
  - в) оліготрофними.
  
5. За місцем розташуванням водосховища можуть бути:
  - а) приморськими;
  - б) річковими;
  - в) передгірськими.
  
6. Посилення біологічної продуктивності водних екосистем, внаслідок накопичення у воді біогенних елементів називається:

- а) ацидофікацією;
- б) евтрофікацією;
- в) сукцесією.

7. Ємність водосховища це:

- а) сума корисного і мертвого об'єму водосховища;
- б) сума корисного і резервного об'єму водосховища;
- в) різниця корисного і резервного об'єму водосховища.

8. Водойми, що мають середньодобову температуру води нижче температура повітря називаються:

- а) ізотермічними;
- б) гіпотермічними;
- в) гіпертермічними.

9. Для загальної характеристики розподілу глибин дна океанів використовується:

- а) гіпсографічна крива;
- б) батиграфічна крива;
- в) логарифмічна крива.

10. Водойми, що слугують для накопичення і природного самоочищення різноманітних стічних вод називаються:

- а) текучими водоймами;
- б) водосховищами;
- в) біологічними ставками.

11. За допомогою батиграфічної кривої виділяють:

- а) високі гори, які займають малу площу;
- б) рівнини, які займають решту суші;
- в) основні елементи рельєфу дна океану.

12. Вода, яка утворюється за рахунок того, що водяна пара обволікає частку породи шаром в одну молекулу називається:

- а) капілярною водою;
- б) плівковою водою;
- в) гігроскопічною водою.

13. Капілярна вода відіграє важливу роль у:

- а) насиченні ґрунтів водою;
- б) круговороті мікроелементів в природі;
- в) живленні рослин.

14. Згідно даних океанографічної комісії ЮНЕСКО кількість морів на Землі складає:

- а) 78;
- б) 59;
- в) 103;

15. Середня солоність Світового океану дорівнює 35 проміле, це відповідає:

- а) розчиненні 35 г солі в 100 г води;
- б) розчиненні 35 г солі в 1000 г води;
- в) розчиненні 35 г солі в 10000 г води.

16. Найбільша кількість гігроскопічної та плівкової води, що утримується лише силами молекулярного притягання часток породи називається:

- а) капілярною вологоємністю;
- б) повною вологоємністю;
- в) максимальною молекулярною вологоємністю.

17. До елементів рельєфу дна океанів відносять:

- а) підводні краї материків;
- б) шельфи океанів;
- в) ложе океану та океанічні улоговини.

18. Адвекцією називають:

- а) теплообмін вод океану з атмосферою;
- б) постачання тепла з нижче і вище розташованих слоїв води океану;
- в) вертикальне перемішування і горизонтальне перенесення водних мас.

19. За фільтраційними властивостями галька, гравій, добре відсортований чистий пісок, а також карстові та тріщинні породи відносяться до:

- а) водонепроникних гірських порід;
- б) напівпроникних гірських порід;
- в) водопроникних гірських порід.

20. Шельф це:

- а) мілководна частина підводної окраїни материків з глибинами (200-2000 м);
- б) мілководна частина підводної окраїни материків з глибинами (0-200 м);
- в) глибоководна частина підводної окраїни материків з глибинами (до 2000-2500 м).

21. До комплексу показників водних мас Світового океану відносять:

- а) температуру;
- б) тиск;
- в) видовий склад планктону і бентосу.

22. Гравітаційні води першого від поверхні постійного водоносного горизонту називають:

- а) артезіанськими;
- б) ґрунтовими водами;
- в) верховодкою.

23. В залежності від матеріалу з якого утворюються донні відклади їх поділяють на:

- а) біогенні;
- б) антропогенні;
- в) теригенні.

24. Виділяють слідуючи типи турбулентного перемішування водних мас:

- а) механічне;
- б) фракційне;
- в) адвекційне.

25. Зона впливу дренажу водоносних порід річковою системою називається:

- а) зона активного водообміну;
- б) зона утрудненої циркуляції;
- в) зона застійного водного режиму.

26. Донні відклади, що утворюються за рахунок біохімічних процесів на дні і в природних водах океану називаються:

- а) космогенними;
- б) хемогенними;
- в) органогенними.

27. Процес осадження мінеральних частинок у стоячій воді це:

- а) хімічна седиментація;
- б) фізична седиментація;
- в) біогенна седиментація

## ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

### Правила оформлення.

#### *Загальні вимоги.*

Індивідуальне завдання виконується за допомогою комп'ютерного набору на одному боці аркуша формату А4 (210×297 мм). Оптимальний обсяг роботи 15-20 сторінок.

Формат та стиль сторінки:

- поля: ліве – 30 мм, праве – не менше 10 мм, верхнє та нижнє поля – не менш 20 мм;
- абзац – 10 мм (5 символів);
- відстань між рядками – 15 мм;
- відстань між заголовками (назва розділу, підрозділу) та текстом роботи – не менш ніж два рядки;
- текстовий редактор – WORD;
- гарнітура шрифту – Times New Roman;
- кегель шрифту (розмір) – 14;
- кількість рядків на сторінці – не більше 40 рядків за умови рівномірного їх заповнення.

#### *Розподіл балів при оцінюванні індивідуального завдання.*

Індивідуальне завдання полягає в тому, що кожний студент отримує завдання щодо написання (на державній мові) реферату на певну гідрологічну тематику, де висвітлює питання спираючись на аналіз наукової літератури за тематикою реферату (оцінюється в 20 балів).

Розкриття теми індивідуального завдання оцінюються за шкалою:

**18-20 балів** виставляється студенту у випадку, коли його робота бездоганна за змістом, формою, обсягом. Якщо робота розкриває поставлені питання, а також показує знання не лише основної, але й додаткової літератури, наводить власні міркування, робить узагальнюючі висновки, використовує знання з суміжних, галузевих дисциплін, доцільно використовує вивчений матеріал при наведенні прикладів.

**15-17 балів** передбачає високий рівень знань і навичок, що відображені у роботі. При цьому робота повинна бути повною, логічною, з елементами самостійності, але містить деякі неточності в неосновних питаннях, доцільно використовує вивчений матеріал при наведенні прикладів. Можливе слабе знання додаткової літератури.

**12-14 балів** передбачає високий рівень знань і навичок, що відображені у роботі. При цьому робота містить деякі неточності (не має вступу, або вступ не містить актуальність роботи, мети та задач, не містить висновків які повинні відповідати задачам), недостатня чіткість у визначенні окремих формулювань, доцільно використовує вивчений матеріал при наведенні прикладів. Додаткова література недостатньо пророблена.



**9-11 балів** передбачає наявність знань лише основної літератури, робота студента відповідає по суті питання, студент у загальній формі розбирається у представленому матеріалі, але робота неповна, неглибока і містить неточності (не має вступу, або вступ не містить актуальність роботи, мети та задач, не містить висновків які повинні відповідати задачам, зміст роботи не відповідає темі самого реферату), має місце недостатньо правильні формулювання основної термінології з дисципліни, порушення послідовності викладення матеріалу. Робота оформлена неохайно, зі значної кількістю помилок і написана не державною мовою.

**6-10 балів** ставиться, коли студент у роботі не розкрив поставлені питання, не підготував доповіді щодо реферату, допускає суттєві помилки при формулюванні елементарних понять з гідрології в роботі, не сформулював висновків щодо роботи і не опрацював достатньої кількості літературних джерел.

**0-5 балів** – тему не розкрито або студент не виконав вчасно індивідуальне завдання.

## ТЕМИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

1. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Амазонка.
2. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Міссісіпі.
3. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Ніл.
4. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Інд.
5. Загальна характеристика та гідрологічний режим озера Мічиган.
6. Загальна характеристика та гідрологічний режим озера Верхнє (США).
7. Загальна характеристика та гідрологічний режим озера Вікторія (Африка).
8. Загальна характеристика та гідрологічний режим Аральського моря.
9. Загальна характеристика та гідрологічний режим Охотського моря.
10. Загальна характеристика та гідрологічний режим Каспійського моря.
11. Загальна характеристика та гідрологічний режим Аравійського моря.
12. Загальна характеристика та гідрологічний режим Балтійського моря.
13. Загальна характеристика та гідрологічний режим Баренцового моря.
14. Загальна характеристика та гідрологічний режим Норвезького моря.
15. Гідролого-гідрохімічний режим водозбору Ладозького озера.
16. Гідролого-гідрохімічний режим водозбору Онезького озера.
17. Гідролого-гідрохімічний режим водозбору Білого моря.
18. Особливості мінливості гідрофізичних процесів Білого моря.
19. Загальна характеристика та гідрологічний режим водойм озерно-річних систем Карельського та Поморського прибережжя Білого моря.
20. Гідролого-гідрохімічний режим водозбору Баренцового моря.
21. Особливості мінливості гідрофізичних процесів Баренцового моря.

22. Загальна характеристика та гідрологічний режим Братського водосховища.
23. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Вісла.
24. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Лена.
25. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Амур.
26. Загальна характеристика та гідрологічний режим озера Іссик-Куль.
27. Загальна характеристика та гідрологічний режим озера Таймир.
28. Загальна характеристика та гідрологічний режим Усть-Ілімського водосховища.
29. Загальна характеристика та гідрологічний режим Саяно-Шушенського водосховища.
30. Особливості режиму експлуатації Саяно-Шушенського водосховища та причини виникнення техногенної аварії.
31. Загальна характеристика та гідрологічний режим Зейського водосховища.
32. Гідролого-гідрохімічна характеристика та режим експлуатації волзьких водосховищ.
33. Гідролого-гідрохімічна характеристика та режим експлуатації Красноярського водосховища.
34. Комплексне використання водних ресурсів та гідроенергетики.
35. Гідроенергетичні об'єкти та їх вплив на довкілля.
36. Оцінка впливу гідроенергетичних об'єктів на довкілля у період їх експлуатації.
37. Заходи щодо уникнення негативного впливу гідроенергетичних об'єктів на довкілля.
38. Загальна характеристика та гідрологічний режим водойм охолоджувачів енергетичних об'єктів України.
39. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Хуанхе.
40. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Єнісей.
41. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Об.
42. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Волга.
43. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Рейн.
44. Загальна характеристика та гідрологічний режим басейну річки Фоссіл-Крік (США).
45. Еколого-гідрологічна характеристика української частини Дунаю та суміжних водойм.
46. Гідролого-гідрохімічний режим водозбору басейну Дністра.
47. Гідролого-гідрохімічний режим водозбору басейну Південного Бугу.
48. Загальна характеристика та гідрологічний режим озера Байкал.
49. Загальна характеристика та гідрологічний режим озера Восток (Антарктида).
50. Перспективи комплексного використання водних та гідроенергетичних ресурсів в ХХІ столітті.

51. Оцінка потреб у воді окремих галузей господарства.
52. Гідролого-гідрохімічний режим каналів України.
53. Гідролого-гідрохімічний режим меліоративних систем України.
54. Причорноморські лимани та їх гідролого-гідрохімічний режим.
55. Особливості процесів руслоформування різних водотоків та ерозія водних басейнів.
56. Трансформація річних екосистем внаслідок розробки родовищ корисних копалин та внаслідок лісокористування.
57. Еколого-гідрологічна характеристика річок Запорізької області.
58. Еколого-гідрологічна характеристика озер Запорізької області.
59. Розмив берегів та акумуляція донних мулових наносів у малих річках внаслідок господарської діяльності.
60. Оцінка антропогенних змін екологічного стану заплавної ландшафтів.
61. Антропогенний вплив на саморегулюючу систему басейн-річний потік-русло.
62. Днопоглиблювальні роботи у водних екосистемах та стан біоти окремих її складових.
63. Гідролого-гідрохімічний режим та формування метеоритних боліт.
64. Гідроекологія Коралового моря та Великого Бар'єрного рифу.
65. Характеристика процесів взаємодії морських та річних вод.
66. Континентальний шельф та його характеристика.
67. Явище Ель-Ніньо та Ла-Нінья, механізм формування та продуктивність океану.
68. Сучасні методи визначення швидкості звуку в морі для ехолотування, пошуку та вивчення біоресурсів Світового океану, складу наносів та ґрунтів.
69. Роль хвиль морського середовища щодо переносу наносів, повторного забруднення, зміни конфігурації берегів.
70. Хімічні та біологічні процеси в Світовому океані та їх вплив на розподіл деяких речовин, донного осаду.
71. Кругообіг органічних речовин у Світовому океані.
72. Механізм саморегуляції в морському середовищі та системі океан-атмосфера-літосфера.
73. Гідрологія льодовиків та гідрологічний режим льодових покривів.
74. Водогосподарські комплекси і системи, їх формування та функціонування.
75. Цунамі як явище та особливості утворення (збудження) великих хвиль в океанах.

## ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

**Айсберг** – це льодова гора, яка підіймається над рівнем моря не менше, як на 5 м, за меншої висоти – це уламок айсберга. На 4/5 свого об'єму він занурений у воду, оскільки щільність льоду менша за густину морської води.

**Артезіанський басейн** – сукупність водоносних горизонтів і комплексів пов'язаних з від'ємними геологічними структурами (прогинами, западинами), які утримують напірні води.

**Артезіанські води** – це підземні води, які залягають між водотривкими горизонтами, перебувають під напором, при розкритті їх буровими свердловинами, піднімаються вище підошви верхнього водотривкого горизонту. Одержали свою назву в XII ст. від провінції Артуа у Франції.

**Басейн річки** – частина земної поверхні, яка включає в себе дану річкову систему і обмежена орографічним вододілом.

**Безстічні озера** – це озера, які не мають ні поверхневого, ні підземного стоку, а витрачають воду лише на випаровування.

**Болото** – надмірно зволожена земельна ділянка із застоюваним водним режимом, яка має шар торфу не менше 30 см і вкрита специфічною рослинністю.

**Внутрішньоболотна гідрографічна мережа** – це поєднання наявних внутрішньоболотних об'єктів: струмків, річок, озер, мікроозер, трясовин.

**Водна маса** – порівняно великий об'єм води, що відрізняється від оточуючої водної товщі індивідуальними фізичними, хімічними і біологічними ознаками, які набули у визначених районах океанів і морів і котрі зберігаються при переміщенні за межі області свого формування.

**Водні об'єкти** – це зосередження природних вод на земній поверхні чи у літосфері.

**Водні ресурси** – це об'єми поверхневих і підземних вод, які використовуються, чи можуть бути використані в процесі матеріального виробництва.

**Водний режим річки** – це зміна в часі рівнів, витрат і об'ємів води у водних об'єктах чи ґрунтах.

**Водовіддача** – це здатність водонасиченої породи віддавати воду шляхом вільного стікання.

**Вододіл** – лінія на земній поверхні, яка розділяє басейни річок і річкових систем.

**Водозбір** – це частина земної поверхні та товща ґрунтів і гірських порід, звідки вода надходить до водного об'єкта.

**Водойми** – це водні об'єкти у заглибині на суші, для яких характерним є уповільнене переміщення води або повна його відсутність (океани, моря, озера, водосховища, ставки, болота).

**Водопроникність ґрунтів** називають їх здатність пропускати через себе воду під дією сили ваги або градієнтів гідростатичного тиску.

**Водосховище** – це штучна водойма, яка створена для накопичення, зберігання і подальшого використання води та регулювання стоку.

**Водотоки** – це водні об'єкти, для яких є переміщення води у напрямку нахилу по заглибині на земній поверхні (річки, струмки, канали).

**Вологоємність** – здатність порід уміщати й утримувати в собі певну кількість води.

**Гідроекологія** – учення про взаємозв'язки між гідрологічними, гідрохімічними і гідробіологічними процесами у водах, які містяться у різних компонентах навколишнього середовища, та впливають на життєдіяльність організмів, мають склад і властивості, сформовані під дією природних і антропогенних факторів.

**Гідрогеографія** – це розділ гідрології суші, що вивчає закономірності географічного поширення поверхневих вод та описує конкретні водні об'єкти, їх режим та господарське значення.

**Гідрологічний режим** – сукупність змін стану певного водного об'єкта, що закономірно повторюються та притаманні йому, на відміну від інших водних об'єктів.

**Грунтові води** – це підземні води першого від поверхні постійного водоносного горизонту, що залягає на першому водотривкому пласті; залягають, як правило, у пухких відкладах четвертинного періоду, проте можуть залягати і між водотривкими горизонтами порід різного віку, а також у дочетвертинних скельних утворюваннях аж до кристалічних порід докембрійського періоду включно.

**Густота річкової мережі** – довжина річкової мережі, що припадає на квадратний кілометр певної території і характеризується коефіцієнтом густоти (відношення сумарної довжини річкової мережі на даній ділянці до величини цієї площі).

**Джерело** – це природний вихід на денну поверхню ґрунтових (безнапірних) вод.

**Евтрофікація** – збагачення водойм біогенними елементами (особливо азотом і фосфором), що супроводжується підвищенням продуктивності водойми.

**Заболочені землі** – це надмірно зволожені ділянки земної поверхні із шаром торфу завтовшки менше 30 см.

**Заболочування** – це процес, який призводить до утворення надмірного зволоження земель та боліт.

**Кругообіг води** – це безперервний процес циркуляції води на земній кулі під впливом сонячної радіації та сили ваги.

**Льодовик** – це маса фірну і льоду з постійним закономірним рухом, розміщений в основному на суші, має певну форму, значні розміри й утворений унаслідок накопичення та перекристалізації твердих атмосферних опадів.

**Море** – це порівняно невелика частина океану, яка врізається в сушу чи відмежована від нього берегами материків, півостровами та островами; має

певні геологічні, гідрологічні та інші риси, що суттєво відрізняються від відповідних рис океану.

**Морфометричні характеристики озера** – це абсолютні й відносні величини, які характеризують форму й розміри озерної улоговини та кількість води, що її заповнює.

**Озерне ложе** – найбільш знижена частина озерної улоговини, яка заповнюється водою при максимальному підвищенні рівня.

**Озерна улоговина** – природне зниження земної поверхні різного походження, в межах якої і розташоване озеро.

**Припливи** – це складні хвильові рухи водної товщі, що зумовлені силами всесвітнього тяжіння і виражені в періодичних змінах рівня та течій, виникають у результаті дії сил притягання Місяця і Сонця.

**Режим підземних вод** – це зміна їхніх рівнів, температури та хімічного складу в просторі і часі під впливом метеорологічних, гідрологічних, геоморфологічних, біогенних факторів та діяльності людини.

**Річкова долина** – вузьке витягнуте зниження форми рельєфу, яке характеризується похилом свого ложа від одного кінця до другого.

**Річкові наноси** – це тверді частинки, утворенні внаслідок розмивання русел і ерозії водозборів, що їх переносять водотоки та течії у водойми.

**Руслова мережа** – це сукупність природних і штучних водотоків.

**Сальтація** – це форма переміщення донних наносів, яка висловлюється в перекиданні вихровими утвореннями частинок ґрунту, що відриваються від дна на деякій порівняно короткій відстані з послідувачим перекиданням частинок новими вихровими імпульсами.

**Сапробність** – ступінь забруднення водних об'єктів органічними речовинами.

**Ставок** – штучно створена водойма місткістю не більшою ніж 1 млн м<sup>3</sup>.

**Стічні озера** – це озера, із поверхні яких вода витрачається на поверхневий, підземний стік та на випаровування.

**Фаза водного режиму** – це характерний стан водного режиму річки, що повторюється в певні гідрологічні сезони, пов'язані зі змінами умов живлення.

**Фірн** – ущільнений крупнозернистий сніг, що складається з крупинок, зв'язаних між собою; перехідна стадія між снігом і льодом.

**Хвилювання** – це один із різновидів хвильових рухів, які існують в океані, і супроводжується відхиленням поверхні від своєї рівноваги.

**Цунамі** – одиночні хвилі чи невеликі серії хвиль заввишки від десятків сантиметрів до 30-35 м і навіть більше; виникають у результаті землетрусів на дні океану, зсувів на крутих схилах дна і вулканічних вивержень.

**Шельф** – мілководна частина підводної окраїни материків та великих островів (із глибинами в середньому до 200 м, інколи до 400 м), яка має відносно вирівняну поверхню і материковий тип будови земної кори.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна:

1. Загальна гідрологія. Підручник / Хільчевський В.К., Ободовський О.Г. – Київський ВПЦ університет, 2008. – 398 с.
2. Загальна гідрологія. Підручник / Левківський С.С., Хільчевський В.К., Ободовський О.Г. та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с.
3. Клименко В.Г. Загальна гідрологія: Навчальний посібник для студентів / В.Г. Клименко. – Харків, ХНУ, 2008. – 144 с.
4. Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоемов Украины / В.М. Тимченко. – К.: Наук. думка, 2006. – 284 с.
5. Гидроэнергетика и окружающая среда / Под общ. ред. Ю. Ландау, Л. Сиренко: Монография. – К.: Либра, 2004. – 484 с.
6. Наукові основи басейнового управління природними ресурсами (на прикладі річки Гнила Липа) / За ред. М.М.Приходька: Монографія. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2006. – 346 с.
7. Гопченко С.Д. Гідрологія суші з основами водних меліорацій / С.Д. Гопченко, О.В. Гушля. – К., 1994. – 295 с.
8. Основи гідроекології: Підручник / Романенко В.Д. – К.: Обереги, 2001. – 728 с.
9. Лучшева Л.А. Практическая гидрология / Л.А. Лучшева. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 440 с.
10. Оцінка та прогнозування якості природних вод: Підручник / Сніжко С.І. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 264 с.
11. Ободовський О.Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України) / О.Г. Ободовський. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 274 с.

### Додаткова:

1. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України: Довідниковий посібник / За ред. В.М. Хорева, К.А. Алієва – К.: Ніка-Центр, 2001. – 392 с.
2. Правила експлуатації водосховищ дніпровського каскаду / А.В. Яцик, А.І. Томільцева, М.В. Яцик та ін. – К.: Генеза, 2001. – 180 с.
3. Екологічне оздоровлення Дніпра (досвід міжнародної співпраці) / В. Шевчук, О. Мазуркевич, В. Навроцький та ін. – К.: "Геопринт", 2001. – 267 с.
4. Водне господарство в Україні / За ред. А.В. Яцика, В.М. Хорева. – К.: Генеза, 2000. – 456 с.
5. Малі річки України: Довідник / А.В. Яцик, Л.Б. Бишовець, Е.О. Багатов та ін.; за ред. А.В. Яцика. – К.: Урожай, 1991. – 294 с.
6. Вишневецький В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. – К.: Віпол, 2000. – 376 с.
7. Радиоактивное и химическое загрязнение Днепра и его водохранилищ после аварии на Чернобыльской АЭС / В.Д. Романенко, М.И. Кузьменко, Н.Ю. Евтушенко и др. – К.: Наук. думка, 1992. – 195 с.

8. Денисова А.И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования / А.И. Денисова. – К.: Наук. думка, 1979. – 292 с.
9. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ / А.И. Денисова, В.М. Тимченко, Е.П. Нахшина и др. – К.: Наук. думка, 1989. – 216 с.
10. Журавлева Л.А. Многолетние изменения минерализации и ионного состава воды водохранилищ Днепра / Л.А. Журавлева // Гидробиол. журн. – 1998. – 34, №4. – С. 88-96.
11. Состояние экосистемы киевского участка Каневского водохранилища и пути его регулирования / О.П. Окснюк, В.М. Тимченко, О.А. Давыдов и др. – К.: Ин-т гидробиологии НАНУ, 1999. – 60 с.
12. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Окснюк та ін. – К.: Символ-Т, 1998. – 28 с.
13. Гідроекологічний стан басейну Тиси / Т.А. Харченко, А.В. Ляшенко, М.О. Овчаренко та інші. – Київ. – 1999. – 152 с.
14. Знаменский В.А. Гидрологические процессы и их роль в формировании качества воды / В.А. Знаменский. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 248 с.
15. Михайлов В.Н. Общая гидрология / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский. – М.: Высшая школа, 1991. – 368 с.
16. Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоемов / Т.А. Харченко, В.М. Тимченко, А.А. Ковальчук и др. – К.: Наукова думка, 1993. – 327 с.

#### **Електронні ресурси:**

1. <http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Gidrol/index.html> – Наукова періодика України
2. <http://www.pripyat-stohid.com.ua/uk/prirodnichi-cinnosti/gidrologija> – Національний природний парк «Прип'ять-Стохід»
3. <http://npp.cv.ua/gidrologiya.php> – Національний природний парк «Вижницький»
4. <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1041.48295.0> – Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Положення про гідрологічний заказник загальнодержавного значення «Острівський» у новій редакції»
5. <http://www.karpaty.com.ua/?chapter=3> – Українські Карпати, розділ Гідрографія



Навчальне видання  
(українською мовою)

Домбровський Костянтин Олегович

## ГІДРОЛОГІЯ

Навчально-методичний посібник  
до лабораторних занять  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та  
збалансоване природокористування»

Рецензент *Н.І. Лебедева*

Відповідальний за випуск *О.Ф. Рильський*