

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний авіаційний університет**

**Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій**  
**Кафедра екології**



**Система менеджменту якості**

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС**  
**навчальної дисципліни**

**«ГІДРОЛОГІЯ»**

Освітній ступінь:	Бакалавр
Галузь знань:	10 «Природничі науки»
Спеціальність:	101 «Екологія»
Освітньо-професійна програма:	«Екологія та охорона навколишнього середовища»


**СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024**

**КИЇВ**

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 2 з 114	

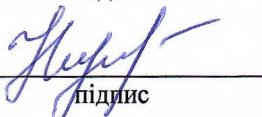
Навчально-методичний комплекс розробили:

доцент, к.ф.-м.н., доцент

  
\_\_\_\_\_ підпис

Анжела ГАЙ



доцент, к.т.н., доцент

  
\_\_\_\_\_ підпис

Маргарита РАДОМСЬКА

Навчально-методичний комплекс обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища» спеціальності 101 «Екологія» – кафедри екології, протокол № 2 від «12» 02 202  р.

Гарант освітньо-професійної програми


Маргарита РАДОМСЬКА

Завідувач кафедри

Тамара ДУДАР

Навчально-методичний комплекс обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій, протокол № 2 від «16» 02 202  р.

Голова НМРР



Валентина ГРОЗА

Рівень документа – 36

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

**Контрольний примірник**



## ЗМІСТ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Дисципліна: «Гідрологія»  
Освітній ступінь: Бакалавр  
Галузь знань: 10 «Природничі науки»  
Спеціальність: 101 «Екологія»  
Освітньо-професійна програма: «Екологія та охорона навколишнього середовища»

№ пор.	Складова комплексу	Позначення електронного файлу	Наявність	
			друкований вигляд	електронний вигляд
1	Робоча програма навчальної дисципліни	01_Г_РП	-	+
2	Тематичний план лекційного курсу	02_Г_ТП	-	+
3	Конспект лекцій/курс лекцій	03_Г_КЛ	-	+
4	Методичні рекомендації з підготовки здобувачів до лабораторних занять	04_Г_МР_ЛЗ	-	+
5	Методичні рекомендації до виконання домашніх завдань	05_Г_МР_ДЗ	-	+
6	Методичні рекомендації до виконання контрольних робіт для заочної форми навчання	06_Г_МР_КРз	-	+
7	Модульні контрольні роботи	07_Г_МКР_1 08_Г_МКР_2	-	+
8	Затверджені екзаменаційні білети	09_Г_ЕБ	-	+

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний авіаційний університет**  
 Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій  
 Кафедра екології

УЗГОДЖЕНО  
 Декан ФЕБІТ

 В. Чумак

«15» 06 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Проректор з навчальної роботи

 А. Голушин

«19» 06 2021 р.

Додаток А



Система менеджменту якості

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**навчальної дисципліни**  
**«Гідрологія»**

Освітньо-професійна програма: «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Галузь знань: 10 «Природничі науки»

Спеціальність: 101 «Екологія»


Форма навчання	Сем.	Усього (год./кредитів ECTS)	ЛКЦ	ПРЗ	ЛЗ	СРС	ДЗ / РГР / К.р.	КР / КП	Форма сем. контролю
Денна	4	135/4,5	32	-	32	71	(1) ДЗ - 4с	-	екзамен - 4с
Заочна	4,5	135/4,5	8	-	6	121	К.р. - 5с	-	екзамен - 5с

Індекс: НБ-3-101/21-2.1.14

Індекс: НБ-3-101з/21-2.1.14

«середовища»

**СМЯ НАУ РП 10.03.02-01-2021**

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.03.02-01-2021
		Стор. 2 з 13	

Робочу програму навчальної дисципліни «Гідрологія» розроблено на основі освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища», навчальних та робочих навчальних планів №НБ-3-101/21, №РБ-3-101/21 та №НБ-3-101з/21, №РБ-3-101з/21 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 101 «Екологія» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробили:

доцент кафедри екології, к.ф.-м.н.

 Гай А.Є.

доцент кафедри екології, к.т.н.

 Радомська М.М.

доцент кафедри екології, к.т.н.

 Тихенко О.М.

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища» спеціальності 101 «Екологія» – кафедри екології, протокол № 8 від «26» 05 2021 р.

Гарант освітньо-професійної програми

 Радомська М. М.

Завідувач кафедри

 Фролов В.Ф.

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради Факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій, протокол № 11 від «03» 06 2021р.

Голова НМРР

 Гроза В.А.

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

**Контрольний примірник**



Додаток Б

## Тематичний план лекційного курсу

№ пор.	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)							
		Денна форма навчання				Заочна форма навчання			
		Усього	Лекції	Лаборат заняття	СРС	Усього	Лекції	Лаборат заняття	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Модуль №1 «Властивості гідросфери та її складових частин. Гідрологія річок»</b>									
1.1	Вступ. Загальні уявлення про гідрологію. Водні екосистеми.	4 семестр				4 семестр			
		8	2	2	4	10	2	-	8
1.2	Хімічні й фізичні властивості природних вод.	8	2	2	4	4	-	-	4
1.3	Кругообіг води в природі, водні ресурси планети та водний баланс. Світовий океан та його частини.	8	2	2	4	6	-	-	6
1.4	Гідрологія річок.	12	2 2	2	6	10	2	-	8
						<b>30</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>26</b>
							<b>5 семестр</b>		
1.5	Види живлення річок. Річковий стік та його складові.	8	2	2	4	8	-	-	8
1.6	Основні закономірності гідрохімічного та гідробіологічного режиму річок.	10	2	2	6	12	2	-	10
1.7	Термічний режим річок та його фактори. Льодовий режим річок.	9	2	2	5	12	-	2	10
1.8	Модульна контрольна робота №1	4	-	2	2	-	-	-	-
<b>Усього за модулем №1</b>		<b>67</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>35</b>	-	-	-	-
<b>Модуль №2 «Гідрологічні процеси і явища водних об'єктів. Гідрологія озер, водосховищ та особливих водних об'єктів»</b>									
2.1	Гідрологія озер та водосховищ.	8	2 2	2	4	14	-	2	12
2.2	Гідрологія боліт.	8	2	2	4	10	-	-	10
2.3	Гідрологія підземних вод.	11	2 2	2	5	10	-	-	10
2.4	Гідрологія льодовиків.	7	2	2	3	10	-	-	10



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5	Рівень океанів і морів.	7	2	2	3	9	-	-	9
2.6	Заходи щодо раціонального використання й охорони водних ресурсів.	7	2	2 2	3	12	2	2	8
2.7	Домашнє завдання	8	-	-	8	-	-	-	-
2.8	Контрольна (домашня) робота (ЗФН)	-	-	-	-	8	-	-	8
2.9	Модульна контрольна робота № 1	4	-	2	2	-	-	-	-
<b>Усього за модулем № 2</b>		<b>68</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>95</b>
<b>Усього за навчальною дисципліною</b>		<b>13</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>71</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>121</b>

### *Домашнє завдання*

Домашнє завдання з дисципліни «Гідрологія» виконується у четвертому семестрі, з метою закріплення та поглиблення теоретичних знань та практичних вмінь, набутих студентом у процесі засвоєння навчального матеріалу дисципліни.

Метою домашнього завдання з дисципліни «Гідрологія» є оволодіння студентами навичками самостійного виконання гідрологічних розрахунків і спеціальних графічних побудов, а також аналізу отриманих результатів; визначення гідрографічних характеристик річки та її басейну; оцінки якості поверхневих вод із точки зору екологічного благополуччя.

Виконання, оформлення та захист домашнього завдання здійснюється студентом в індивідуальному порядку відповідно до методичних рекомендацій. Час, потрібний для виконання домашнього завдання – 8 годин самостійної роботи.

### *Контрольна (домашня) робота (ЗФН)*

Метою контрольної (домашньої) роботи (ЗФН) є закріплення та поглиблення теоретичних та практичних знань та вмінь студента оцінювати гідрологічні процеси і явища водних об'єктів, їх гідрологічні режими та водні баланси.

Завдання для виконання розробляються автором робочої програми. Навчальні матеріали затверджуються протоколом засідання випускової кафедри, доводяться до відома здобувачів вищої освіти індивідуально і виконуються відповідно до методичних рекомендацій.





Система менеджменту якості  
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС  
навчальної дисципліни  
«Гідрологія»

Шифр  
документа

СМЯ НАУ  
НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-  
2024

Стор. 8 з 114

Додаток В

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій**  
**КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ**



**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**  
з дисципліни «ГІДРОЛОГІЯ»

Освітній ступінь: Бакалавр  
Галузь знань: 10 «Природничі науки»  
Спеціальність: 101 «Екологія»  
Освітньо-професійна програма: «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Укладачі:

Ангела ГАЙ., к.ф.-м.н., доц.,  
доцент кафедри екології  
Маргарита РАДОМСЬКА, к.т.н., доц.,  
доцент кафедри екології

Конспект лекцій розглянутий та  
схвалений на засіданні кафедри екології

Протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Тамара ДУДАР





## Лекція № 1

### Вступ. Загальні уявлення про гідрологію. Водні екосистеми.

#### План лекції

1. Загальні уявлення про гідрологію.
2. Становлення гідрології як науки.
3. Комплекс наук гідрологічного спрямування та основні етапи їх розвитку.
4. Сучасні напрямки розвитку гідрологічних досліджень та галузей водних господарств.
5. Водні екосистеми: абіотичні і біотичні частини водних екосистем, їх взаємодія і зв'язок з навколишнім середовищем.

#### Література:

1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничо- поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Некос С.В., Муромцева Ю.І., Лоцман П.І. Методичні рекомендації до курсу «Загальна гідрологія». – Харків, ХНПУ імені Г.С. Сковороди. - 2022. – 76 с.

#### Зміст лекції

Предметом вивчення гідрології є не вода як фізична речовина, а гідросфера в цілому.

**Верхня межа** гідросфери (поверхня океанів і морів, річок, озер, льодовиків і боліт) збігається з поверхнею планети і нижньою межею атмосфери. Вона виражена досить чітко.

**Нижня межа** гідросфери чітко не вирізняється, тому що гідросфера в ряді випадків проникає в літосферу (земну кору) де постійно відбуваються процеси *гідратації* і *дегідратації*.

Під час гідратації молекули води приєднуються до молекул інших речовин й утворюють *гідрати*, які при нагріванні руйнуються і виділяють воду – відбувається *дегідратація*. Гідратація спостерігається у верхній, більш холодній зоні земної кори, яка називається **зоною гідратації**.

У глибшій і нагрітій зоні земної кори відбувається дегідратація, і зона називається **зоною дегідратації**. Таким чином, у земні корі безперервно відбуваються процеси зв'язування і вивільнення води.

Сучасна гідрологія як наука про гідросферу об'єднує в собі окремі науки про складові частини гідросфери. До них **відносяться**:

- загальна гідрологія;
- гідрологія моря;
- гідрологія суші;
- гідрологія підземних вод;
- гідрологія річок;
- гідрологія боліт;
- гідрологія озер;
- гідрологія льодовиків;
- повітряна гідрологія.

У самостійні науки виділилися *гідрологія водосховищ* і *гідрологія морських гирл річок*.

Сформувався новий напрямок у гідрології, завданням якого є розробка *наукових основ раціонального використання та охорони водних ресурсів*. Формується як самостійний розділ гідрології *екологічна гідрологія*, предметом вивчення якої є

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 10 з 114	

сукупність зв'язків між гідрологічними процесами і явищами та живими організмами у водних об'єктах.

Методи всіх вимірювань і спостережень з метою вивчення гідрологічного режиму водних об'єктів і методи обробки результатів спостережень та вимірювань, розглядаються в такій науковій дисципліні, як *гідрометрія*.

Вона поділяється на *гідрометрію річкову, морську, озерну, гідрометрію боліт, підземних вод і льодовиків*.

*Важливою дисципліною, що об'єднує ряд розділів гідрології суші, є інженерна гідрологія (гідрологічні розрахунки), завданням якої є розробка методів визначення характеристик гідрологічного режиму водних об'єктів, необхідних для проектування гідротехнічних споруд і планування водогосподарських заходів.*

Вивченням законів руху і рівноваги рідин, зокрема води, та їхньої взаємодії з твердими тілами займається *гідромеханіка* та її *прикладний розділ гідравліка*. Фізичні властивості води як речовини і процеси, що відбуваються у водній масі, вивчає *гідрофізика*, а хімічний склад і процеси – *гідрохімія*.

Від хімічного складу води залежать її фізичні властивості – температура замерзання, величина випаровування, прозорість, характер протікання реакції. Тому визначення хімічного складу води має важливе практичне значення при водопостачанні, гідротехнічному будівництві, зрошенні, веденні рибного господарства.

Гідрохімія поділяється на кілька розділів. Вивчення хімічного складу вод річок, озер і водосховищ базується на методах і висновках гідрології органічного життя у водах – *гідробіології*. Дослідження хімічного складу вод океанів і морів пов'язані з *океанологією*, підземних вод – з *методами гідрогіології та геохімії*.

Серед існуючих наук найближче до гідрології є: *метеорологія і кліматологія, геологія, геоморфологія, фізична географія, картографія, ґрунтознавство, гідрогіологія*.

Гідрологія не може успішно розвиватися без використання досягнень таких фундаментальних наук, як фізики, хімія і математика.

**Водні екосистеми поділяють відповідно до ієрархічної підпорядкованості:**

- *глобальна екосистема* Світового океану разом з річковою мережею його водозбору;
- *ізолювані водні екосистеми* областей внутрішнього стоку;
- *великі водні об'єкти* (океани, річкові системи);
- *окремі річки, озера, моря, водосховища, болота* та їхні великі частини (притоки, дельти, затоки, лагуни, лимани, естуарії);
- *екосистеми найнижчого рангу* (елементи водойм і водотоків - екосистеми плес, літоралі, пелагіалі тощо).

До числа *характеристик абіотичної частини водних екосистем* відносять:

- температуру;
- мінералізацію (солоність) і мутність води;
- хімічні речовини, які вона утримує, у тому числі біогенні, органічні й забруднювальні;
- концентрацію кисню і вуглецю;
- швидкість течій;
- інтенсивність водообміну між різними частинами водного об'єкта;
- рівні води і площі затоплення заплави;
- льодові явища.

**Біотичні частини водних екосистем** - це самі водяні організми, що впливають один на одного різними шляхами. Серед них:

- *зміна умов середовища* переважаючими видами (едифікаторами), наприклад, зміни вмісту кисню і вуглекислого газу у водоймах, що заросли вищими водяними рослинами;



- *поїдання одних видів іншими* (рослин - тваринами, «мирних» тварин - хижаками), тобто функціонування процесів, що формують трофічні ланцюги (система «хижак - жертва»);

- *паразитування одних організмів на інших;*

- *використання одних організмів* як місця притулку інших тощо.

Найважливішими **антропогенними факторами**, що впливають на біологічні процеси у біосфері, є:

- *гідротехнічне будівництво* (зрегулювання річок греблями, між басейнове перекидання стоку тощо);

- *надмірне водокористування;*

- *забруднення водойм стічними водами* різних виробництв та комунально-побутовими стоками;

- *нафтове забруднення морів і океанів* - внаслідок аварій танкерів, а прісних вод - внаслідок судноплавства та широкого використання моторних човнів для рекреації та рибальства.

- *евтрофікація*, що зумовлюється підвищенням вмісту у воді біогенних речовин - азоту і фосфору (призводить до надмірного розвитку водоростей і подальшого самозабруднення водойм при їх відмиранні);

- *органічне забруднення* (сапробізація);

- *токсичне забруднення* хімічними речовинами різного походження (токсифікація);

- *«теплове» забруднення* внаслідок скидання у водні об'єкти підігрітих вод теплових та атомних електростанцій;

- *кислотні дощі*, що змінюють реакцію води (рН, ацидифікація).

**Водні екосистеми** відрізняються від екосистем суші фізичними та хімічними властивостями.

**Водні екосистем** поділяють на прісноводні та екосистеми Світового океану.

**Прісноводні екосистеми** поділяють на три групи:

- *проточні водойми* (річки, канали);

- *стоячі водойми* (озера, ставки, водосховища);

- *болота.*

**Особливістю океанічних екосистем є:**

- *глобальність розмірів і великі глибини*, які заповнені життям;

- *безперервність* (усі океани пов'язані один з одним);

- *постійна циркуляція* (наявність сильних вітрів, що дмуть протягом року в одному і тому ж напрямку, наявність глибинних течій);

- *домінування різних хвиль і приливів*, що зумовлюють помітну періодичність життя угруповань, особливо в прибережних зонах;

- *солоність* і сильна буферність;

- *наявність розчинених біогенних елементів*, які є лімітуючими факторами, що визначають розміри популяції.

**Умови життя в океанічній воді більш рівні, ніж на суші.**

**Рослинність бідніша - в основному це водорості.**

**Тваринний світ багатий. Він представлений численними групами**



## Лекція № 2

### Хімічні і фізичні властивості природних вод

#### План лекції

1. Хімічні й фізичні властивості природних вод та їх значення для гідрологічних режимів.
2. Класифікація природних вод.
3. Гідрологічне, фізико-географічне та екологічне значення фізичних властивостей, в тому числі «аномальних», для довкілля.

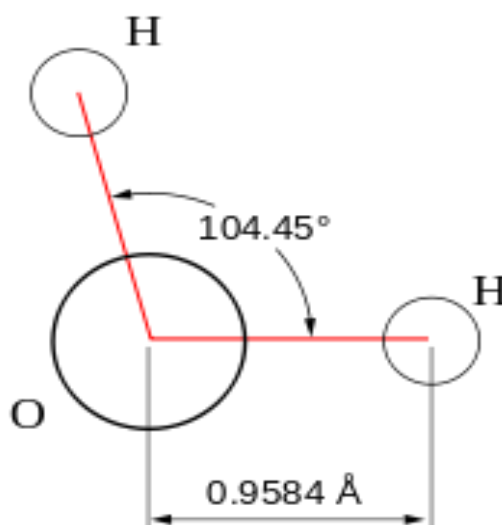
#### Література:

1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничо- поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Гопченко Є. Д., Шаменкова О. І. Фізична гідрологія: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2016. 195с.

#### Зміст лекції

##### Хімічні властивості води

Молекула води складається з двох атомів Гідрогену (H) і одного атома Оксигену (O), хімічна формула  $H_2O$ . Зв'язки **H-O-H** розташовані під кутом  $104,5^\circ$ . Атоми Гідрогену несуть частковий позитивний заряд, а атом Оксигену - частковий негативний заряд. У різних частинах молекули зосереджені протилежні заряди. Таким чином, молекула води є полярною, має кутову форму і є електричним диполем. Кожна молекула води, як магніт, притягує до себе інші молекули або іони. Тому, на відміну від більшості інших рідин, вода є ідеальним розчинником для багатьох речовин. (ангстрем (Å): позасистемна одиниця довжини  $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м} = 10^{-8} \text{ см}$ , використовується для вимірювання розмірів атомів, відстаней між ними й довжини хвилі електромагнітного випромінювання, діаметр атома - від  $1 \text{ Å}$  до  $6 \text{ Å}$ ).





Характерною особливістю молекули води є їхня властивість об'єднуватися в агрегати-сполуки кількох молекул. Це явище спричинене значною полярністю молекул, яка є наслідком нерівномірного розподілу електричних зарядів у самій молекулі води.

При достатньому зближенні між собою під впливом сил електростатичного притягання молекули можуть з'єднуватися в агрегати.

У пароподібному стані (при  $t > 100^{\circ}\text{C}$ ) вода складається головним чином з однорідних простих молекул, які називаються **гідролями** і відповідають формулі  $\text{H}_2\text{O}$ .

Агрегати з двох простих молекул  $(\text{H}_2\text{O})_2$  називаються **дигідролем**,

Сполучення трьох молекул  $(\text{H}_2\text{O})_3$  – **тригідролем**.

**Рідка вода** являє собою суміш молекул: гідролів, дигідролів і тригідролів.

У воді у **твердому стані** (лід) переважають трійчасті молекули (тригідролі), які мають найбільший об'єм.

При **зміні температури** води співвідношення між кількістю простих і складних молекул у ній змінюється. Змінюються й відстані між молекулами.

### Цим і пояснюються деякі аномалії фізичних властивостей води.

**Хімічно чиста вода** в природі майже ніколи не зустрічається, її можна отримати тільки лабораторним шляхом. Така вода не має запаху і кольору. Природна вода є **добрим розчинником** і завжди містить у собі завислі й розчинені речовини.

Залежно від розмірів часток розчинених речовин, розчини бувають **справжніми і колоїдними**. У **справжніх розчинах** речовина перебуває в дуже розсіяному стані, у вигляді молекул та іонів. Такі розчини називають ще **молекулярно-іонними**, розміри розчинених у них часток не перевищують  **$10^{-7}$  мм**.

**Колоїдні розчини** поряд з окремими молекулами та іонами містять у собі їх групи: розміри розчинених речовин становлять від  **$10^{-7}$  до  $10^{-5}$  мм**. У природних водах колоїди зустрічаються дуже часто, але в малих кількостях.

Частки речовин розміром більше  **$10^{-5}$  мм** називаються **суспензіями або зависями**; вони видимі оком і бувають як органічного, так неорганічного походження. Вода з домішкою таких часток є каламутною.

Природні води являють собою дуже складні хімічні речовини і містять певну кількість суспензій. Хімічний склад їх постійно змінюється в міру проходження через атмосферу і літосферу.

В атмосфері у воду потрапляють азот і кисень, частки солей, окиси азоту та інші речовини. Вода, що випадає на поверхню Землі збагачена солями, органічними речовинами і газами. Ще більше змінюється хімічний склад води при проникненні її в ґрунти і корінні гірські породи. Значну роль у зміні хімічного складу води відіграє господарська діяльність людини.

**Хімічний склад природних вод поділяється на шість груп:**

- головні іони;
- розчинені гази;
- біогенні речовини;
- мікроелементи;
- органічні речовини;
- забруднювальні речовини.

**Гази і органічні речовини** бувають у воді у вигляді молекул.



**Соли** – у вигляді іонів і частково комплексів.

**Біогенні і органічні сполуки** – в основному у вигляді колоїдів.

**До головних іонів** солей відносять:

- **негативно заряджені іони (аніони)** – хлоридний  $\text{Cl}^-$ , сульфатний  $\text{SO}_4^{2-}$ , гідрокарбонатний  $\text{HCO}_3^{2-}$ , карбонатний  $\text{CO}_3^{2-}$ ;
- **позитивно заряджені іони (катіони)** – магнію  $\text{Mg}^{2+}$ , кальцію  $\text{Ca}^{2+}$ , натрію  $\text{Na}^+$  і калію  $\text{K}^+$ .

Сумарний вміст у воді розчинених солей (концентрація солей) характеризується або *мінералізацією*  $M$  (мг/л), або *солоністю*  $S$  (г/кг). В **проміле** (‰) показують в основному солоність морської води; вона становить в середньому 35 ‰ (35 г/кг). Проміле – одна тисячна частина якої-небудь речовини ( $1\text{‰} = 10^{-3} = 0,001 = 0,1\%$ )

Велике значення для біологічних, біохімічних та інших процесів, що відбуваються в материкових і океанічних водах, мають **розчинені у воді гази**. Це – кисень  $\text{O}_2$ , азот  $\text{N}_2$ , двоокис вуглецю  $\text{CO}_2$ , сірководень  $\text{H}_2\text{S}$ , водень  $\text{H}$  тощо.

**Із розчинених газів** найбільше значення мають *кисень і вуглекислий газ*. Природні води збагачується на кисень як за рахунок надходження його з атмосфери, так і в результаті виділення водяною рослинністю в процесі фотосинтезу.

Двоокис вуглецю знаходиться у воді переважно у вигляді розчинених молекул газу  $\text{CO}_2$  і вугільної кислоти  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . У воду він в основному надходить при окисленні органічних речовин і виділяється з гірських порід. При перенасиченні води  $\text{CO}_2$  він виділяється в атмосферу, а також іде на засвоєння рослинними організмами при фотосинтезі.

**Особливе місце займає іон водню  $\text{H}^+$** , який має велике значення в хімічних і біологічних процесах, що відбуваються у воді.

Іонів  $\text{H}^+$  у воді дуже мало. Утворюються вони в результаті дисоціації вугільної кислоти і самої води. Іон водню є носієм кислотних властивостей води, а гідроксильний іон  $\text{OH}^-$  – лужних. У хімічно чистій воді обидва іони знаходяться в однакових кількостях, тому така вода нейтральна, концентрація іонів водню в ній дорівнює  $10^{-7}$  г/л. Стан іонної рівноваги природних вод характеризують **водневим показником рН**.

**До групи біогенних речовин відносяться:**

сполуки азоту  $\text{N}$ , фосфору  $\text{P}$ , заліза  $\text{Fe}$  і кремнію  $\text{Si}$ . Це перш за все, іони нітратного  $\text{NO}_3^-$  і нітритного  $\text{NO}_2^-$ , іони амонію  $\text{NH}_4^+$  і фосфорної кислоти  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  і  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Ці речовини потрапляють у воду з атмосфери, ґрунту, а також при розкладанні органічних сполук, при скиданні у водні об'єкти промислових, сільськогосподарських і побутових вод. Хоча в природних водах дуже мало (від тисячних до десятих долей міліграма в 1 м<sup>3</sup>), вони мають важливе значення для розвитку життєвих процесів.

**Мікроелементами називають речовини**, які знаходяться у воді в малих кількостях (менше 1 мг/л). Багато з них необхідні для життєдіяльності організмів, але підвищена концентрація деяких з них може перетворити воду на отруту.





*До мікроелементів відносяться:* бром В, йод І, фтор F, літій Li, барій Ва, важкі метали (залізо Fe, нікель Ni, цинк Zn, кобальт Со, мідь Сu, кадмій Сd, свинець Рb, ртуть Нg та інші); радіоактивні елементи (калій <sup>40</sup>К, рубідій <sup>87</sup>Rb, уран <sup>238</sup>U, радій <sup>226</sup>Ra, стронцій <sup>90</sup>Sr, цезій <sup>137</sup>Cs та інші).

В природних водах завжди є *органічні речовини*, які являють собою продукти розпаду різних організмів (рослин і тварин). Вони надають воді жовтуватого забарвлення.

### Фізичні властивості води

Вода в природі буває в трьох агрегатних станах – *рідкому, твердому і газоподібному*.

Кожен з цих станів характеризується певними фізичними властивостями. Перехід з одного агрегатного стану в інший зумовлюється температурою і тиском. При постійному тиску та зниженні температури цей перехід відбувається послідовно: *пара – вода – лід*. В зворотному порядку – при підвищенні температури. Проте за певних умов можливі переходи з одного стану в інший без проміжної фази – з пароподібного в твердий і з твердого в пароподібний.

*Температура замерзання* дистильованої води і танення льоду при нормальному атмосферному тиску (1 атм = 760 мм = 1,013 бар =  $1,013 \times 10^5$  Па) прийнята за 0°C, а *температура кипіння* – за 100°C. Температура замерзання і кипіння води залежить від її солоності і атмосферного тиску. Чим більша солоність води, тим нижча її температура замерзання і вища температура кипіння. Морська вода замерзає при -1,0-2,0 °C, а кипить при температурі 100,08-100,64 °C (при нормальному тиску). При підвищенні тиску лід плавиться вже не при 0°C, а при від'ємних температурах.

*Густина води* – маса однорідної речовини, яка знаходиться в одиниці її об'єму, визначається в кг/м<sup>3</sup>.

Густина води непостійна і змінюється залежно від температури, солоності і тиску. Ці зміни порівняно з іншими рідинами мають *аномальний характер*.

*Хімічно чиста* вода найбільшу густину має при температурі 4°C. Ця густина приймається за одиницю. При температурах вище і нижче 4°C густина води зменшується, що пов'язане зі збільшенням відстані між молекулами при збільшенні температури понад 4°C і зменшенні її від 4°C до 0°C.

*Властива воді густинна аномалія має велике значення для природних вод. Внаслідок цієї аномалії водойми і водотоки навіть в умовах суворого клімату не промерзають до дна.*

*Густина льоду* при температурі 0°C дорівнює 916,7 кг/м<sup>3</sup>, тобто менша ніж густина води. Отже, лід легший за воду. Тому при замерзанні водних об'єктів крига спливає на поверхню і оберігає від замерзання глибинні шари води.

Ще менша *густина снігу* – від 80-140 кг/м<sup>3</sup> свіжого снігу, що випав, до 600-700 кг/м<sup>3</sup> мокрого в кінці танення. Отже, внаслідок густинної аномалії в прісних і солонуватих водних об'єктах зимою температура води в придонних шарах завжди вища, ніж на поверхні.

*Для води характерні деякі аномальні особливості теплових властивостей.*

Аномально висока порівняно з іншими рідинами і твердими речовинами її *питома теплоємність* – кількість теплоти, яку необхідно надати одиниці маси, щоб нагріти її на 1°C, або ж кількість теплоти, що виділяється при охолодженні одиниці маси речовин

$$C = Q/m \times \Delta T,$$

де Q – кількість теплоти, отримана речовиною при нагріванні (або, що виділилася при охолодженні), m – маса речовини, що нагрівається (або охолоджується),  $\Delta T$  – різниця кінцевої і



	Система менеджменту якості НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 16 з 114	

початкової температур речовини. В СІ питома теплоємність вимірюється у Дж/кг·К або Дж/кг·°С.

Внаслідок великої теплоємності вода нагрівається і охолоджується повільніше, ніж повітря. Води океанів, морів, озер та річок поглинають (акумулюють) при нагріванні величезну кількість тепла, яке при зниженнях температури виділяється в атмосферу.

**Теплопровідність** - здатність речовини переносити теплову енергію, а також кількісна оцінка цієї здатності: фізична величина, що характеризує інтенсивність теплообміну в речовині, яка дорівнює відношенню густини теплового потоку до градієнта температури.

Молекулярна теплопровідність води дуже мала, і для хімічно чистої води вона дорівнює 0,6 Вт/м×°С, для льоду – 2,24 Вт/м×°С, для снігу – 1,8 Вт/м×°С. Меншу молекулярну теплопровідність має повітря.

У зв'язку з тим, що теплопровідність води низька, водні маси у водних об'єктах нагріваються в основному внаслідок перемішування води, яке виникає при різній густині або під дією вітру. Через низьку теплопровідність крижаний покрив, що утворився на поверхні водойм і водотоків, послаблює подальше охолодження води.

Вода порівняно з іншими рідинами має великий **поверхневий натяг**, який з підвищенням температури дещо зменшується.

Поверхневий натяг має подвійний фізичний зміст - **енергетичний** (термодинамічний) і **силовий** (механічний).

**Енергетичне (термодинамічне)** визначення: поверхневий натяг - це питома робота збільшення поверхні при її розтягуванні за умови сталості температури.

**Силowe (механічне)** визначення: поверхневий натяг - це сила, що діє на одиницю довжини лінії, яка обмежує поверхню рідини.

**Поверхневий натяг** - фізичне явище, суть якого в прагненні рідини скоротити площу своєї поверхні при незмінному об'ємі. Характеризується *коефіцієнтом поверхневого натягу*. Завдяки силам поверхневого натягу краплі рідини приймають максимально близьку до сферичної форми, виникає капілярний ефект, деякі комахи можуть «ходити» по воді. Поверхневий натяг виникає як у випадку поверхні розділу між рідиною і газом, так і у випадку поверхні розділу двох різних рідин. Своєю появою сили поверхневого натягу завдячують поверхневій енергії. Для зменшення сил поверхневого натягу використовуються поверхнево-активні речовини.

Коефіцієнт поверхневого натягу води змінюється від  $7,55 \times 10^{-2}$  Н/м при 0°С до  $5,71 \times 10^{-2}$  Н/м при 100°С.

**Струмiнь хiмiчно чистої води перерiзом 1 см<sup>2</sup> за мiцнiстю на розрив не поступається сталi такого ж перерiзу !**

Ще однією характерною властивістю води є здатність **змочувати поверхню більшості твердих тіл**.

**Змочуваність** – явище взаємодії поверхні мінеральних частинок з молекулами води під впливом неврiвноважених сил молекулярного притягання на поверхні мінеральної частинки.

При великому запасі вільної поверхневої енергії поверхня частинки добре змочується водою, при малому – погано. За змочуваністю водою поверхні твердих тіл класифікуються на незмочувані – *гідрофобні* і добре змочувані водою – *гідрофільні*.

**Змочуваність проявляється в:**

- частковому або повному розтіканні рідини по твердій поверхні;
- утворенні увiгнутого меніска на межі розділу рідини та стiнок посудини;
- просоченні пористих тіл і порошокiв.



Завдяки поверхневому натягу і здатності до змочування вода може підніматися у вузьких вертикальних щілинах та порах на висоту значно більшу ніж та, яка обумовлюється силою тяжіння, тобто вода має ще властивість **капілярності**.

**Капілярність** відіграє важливу роль у багатьох процесах, які проходять на Землі. Саме через це вода піднімається по порах і змочує ґрунти, які лежать значно вище рівня ґрунтових вод і забезпечує коріння рослин розчиненими у воді поживними речовинами. Капілярність обумовлює рух крові і тканинних рідин у живих організмах.

Воді властива **в'язкість, або внутрішнє тертя** (властивість води чинити опір при переміщенні однієї частини її щодо іншої). Порівняно з в'язкістю інших рідин, в'язкість води невелика, що також відноситься до специфічних властивостей води.

**Світло** проникає у воду на невелику глибину. Так, у чистій воді на глибині 1м інтенсивність світла становить лише 90% інтенсивності світла на поверхні, на глибині 2м – 81%, на глибині 3м – 73%, а на глибині 100м зберігається лише біля 1% інтенсивності світла на поверхні.

**Вода – добрий провідник звуку**. Швидкість поширення звуку у воді становить 1400-1600 м/с, тобто в 4-5 разів більша від швидкості поширення звуку у повітрі. Швидкість звуку у воді збільшується з підвищенням температури (приблизно на 3,0-3,5 м/с на 1°C), збільшенням солоності (приблизно на 1,0-1,3 м/с на 1‰) і зростанням тиску (приблизно на 1,5-1,8 м/с на 100м глибини). Хімічно чиста вода майже не проводить електричного струму.

**Електропровідність** води трохи збільшується з підвищенням температури і значно зростає із збільшенням солоності.

### Класифікація природних вод

**За вмістом солей** (солоністю) природні води поділяються на **чотири групи**:

- прісні – менше 1‰;
- солонуваті – 1-25‰;
- солоні (морської солоності) – 25-50‰;
- високосолоні (розсоли) – понад 50‰.

**За переважанням аніону** всі природні води поділяються на **три класи**:

- гідрокарбонатний;
- сульфатний;
- хлоридний.

**За переважанням катіону** всі природні води поділяються на **три групи**:

- кальцієва;
- магнієва;
- натрієва.

**Річкові води** переважно відносяться до гідрокарбонатного класу і кальцієвої групи.

**Підземні води** в основному відносяться до сульфатного класу і магнієвої групи.

**Води океанів та морів** належать до хлоридного класу і натрієвої групи.

Концентрація найпоширеніших двовалентних катіонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  обумовлює загальну твердість води.

### Класифікація природних вод за їх особливими властивостями

**A – води з активними іонами:**

- а) залізисті ( $\text{Fe} > 10 \text{ мг/дм}^3$ );
- б) арсенисті ( $\text{As} > 1 \text{ мг/дм}^3$ );
- в) йодо-бромисті ( $\text{Br} > 25 \text{ мг/дм}^3$ ,  $\text{I} > 10 \text{ мг/дм}^3$ );



- г) кременисті ( $H_2SiO_3 > 50$  мг/дм<sup>3</sup>);  
д) з іншими активними іонами (F, B, Li, Co та інші);

**Б - газові води:**

- а) вуглекислі ( $CO_2 > 0,75$  г/дм<sup>3</sup>);  
б) сірководневі ( $H_2S > 10$  мг/дм<sup>3</sup>);  
в) радонові ( $Rn > 13,4 \times 10^3$  Бк/м<sup>3</sup>);  
г) інші газові води (азотні, метанові та інші);

**В - термальні води:**

- а) теплі (температура 20-37°C);  
б) гарячі (температура більше 37°C).

Представлена класифікація вод (за В.А.Александровим) використовується для характеристики лікувальних мінеральних вод.

### Основні бальнеологічні групи мінеральних вод

**1) без специфічних компонентів і властивостей** – переважно хлоридні та сульфатні мінеральні води з мінералізацією від 2 до 150 г/дм<sup>3</sup> та газовим складом, що включає азот та метан.

**2) вуглекислі мінеральні води**, що містять високі концентрації діоксиду вуглецю (більш 500-1400 мг/дм<sup>3</sup>) і належать до гідрокарбонатного класу з мінералізацією від часток грама до 90 г і більше в 1 дм<sup>3</sup>. Характерні типи: боржомі, нарзан;

**3) сульфатні сірководневі**, що містять сірководню не менше 10-11 г/дм<sup>3</sup>. В наявності різноманітність хімічного складу, мінералізації та концентрації сірководню – серед них зустрічаються гідрокарбонатні, сульфідні, хлоридні води. Характерні типи: мацестинський, іркутський тощо;

**4) залісті, арсенисті мінеральні води** та води з великим вмістом марганцю, алюмінію, міді, цинку та інших металів. Для віднесення мінеральних вод до залістих концентрація заліза повинна бути 20 мг/дм<sup>3</sup> і більше, до арсенистих - концентрація арсену 0,7 мг/дм<sup>3</sup> та більше. Рудні та шахові води часто належать до кислих залістих сульфатних вод, які містять декілька грамів заліза в 1 дм<sup>3</sup> і мають високу мінералізацію води - до 80 г/дм<sup>3</sup>.

**5) бромисті та йодисті мінеральні води** з високим вмістом бромової (не нижче 25 мг/дм<sup>3</sup>) і йодової (не нижче 5 г/дм<sup>3</sup>). Йодо-бромисті води зустрічаються в Україні, на Північному Кавказі, в Сибіру та Середній Азії;

**6) мінералізовані води з високим вмістом органічних речовин**. Типовим представником цієї групи мінеральних вод є вода «Нафтуся» (Карпати);

**7) радонові мінеральні води**, що містять більше 185 Бк/дм<sup>3</sup> радонової. До них належать мінеральні води Цхалтубо та П'ятигорська;

**8) кременісті терми** - гарячі води з температурою вище 35°C, що містять не менше 50 мг/дм<sup>3</sup> кремнієвої кислоти. Мінералізація таких вод помірно висока (до 10-15 г/дм<sup>3</sup>). Ці води поширені на Північному Кавказі, Тянь-Шані, Камчатці.

В.К. Хильчевським розроблена класифікація природних вод за мінералізацією, в якій враховані сучасні практичні та екологічні вимоги до якості вод, їх використання та охорони, а також значний досвід детального вивчення хімічного складу природних вод України:

- дуже прісні - менше 0,1 г/дм<sup>3</sup>;
- помірно прісні - 0,1 - 0,6 г/дм<sup>3</sup>;



- прісні з підвищеною мінералізацією - 0,6 - 1,0 г/дм<sup>3</sup>;
- слабосолоні - 1,0 - 3,0 г/дм<sup>3</sup>;
- середньосолоні - 3,0 – 15,0 г/дм<sup>3</sup>;
- солоні - 15,0 - 35,0 г/дм<sup>3</sup>;
- сильносолоні – 35 - 50 г/дм<sup>3</sup>;
- розсоли - понад 50 г/дм<sup>3</sup>.

### Лекція № 3

#### **Кругообіг води в природі, водні ресурси планети та водний баланс. Світовий океан та його частини.**

##### **План лекції**

1. Кругообіг води в природі, водні ресурси планети та водний баланс
2. Рівняння водного балансу. Побудова водного балансу водного об'єкту.
3. Світовий океан та його частини, будова, рельєф дна, гіпотези виникнення.
4. Термічний режим океанів і морів.
5. Циркуляція вод Світового океану, течії та їх роль у тепловому балансі океану.

##### **Література:**

1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничо- поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Гопченко Є. Д., Шаменкова О. І. Фізична гідрологія: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2016. 195с.

##### **Зміст лекції**

На планеті вода розподілена дуже нерівномірно. Більша частина її поверхні зайнята океанами і морями, що утворюють Світовий океан.

Загальна площа планети – 510 млн. км<sup>2</sup>.

Світовий океан – 361 млн. км<sup>2</sup>, або 71% від площі планети.

Суша – 149 млн. км<sup>2</sup>, або 29% від площі планети.

Площа океанів майже у 2,5 рази більша від площі суші. Суша розташована в основному у північній півкулі.

##### Північна півкуля:

площа суші складає 100 млн. км<sup>2</sup>, або 39%;

площа водної поверхні – 155 млн. км<sup>2</sup>, або 61%.

##### Південна півкуля:

площа суші – 49 млн. км<sup>2</sup>, або 19%;

площа водної поверхні – 206 млн. км<sup>2</sup>, або 81%.

**До підземних вод** відносять гравітаційну воду, яка знаходиться в тріщинах водонасичених шарів земної кори.

Розрахунок природних запасів *підземних вод* верхньої частини земної кори зроблений до глибини 2000 м. Точно визначити об'єм підземних вод дуже складно, оскільки невідома нижня

	Система менеджменту якості НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 20 з 114	

межа їхнього поширення. Наведена в таблиці величина запасів підземних вод характеризує лише ті води, які беруть участь у кругообігу води в природі.

**Грунтова волога**, на відміну від підземних вод, тісніше пов'язана з погодними умовами: у вологі сезони вона накопичується в ґрунті, а в сухі – витрачається на випаровування і на транспірацію рослинністю. Практично вся ґрунтова волога міститься у двометровому шарі.

**Багаторічна (вічна) мерзлота**, більша частина зосереджена у північній півкулі.

**Озера** на поверхні суші зустрічаються більш-менш рівномірно на всіх континентах, проте найбільше їх в областях антропогенного зледеніння та безстічних областях. Більша частина озерних солоних вод зосереджена в Каспійському морі (його площа – 374 тис. км<sup>2</sup>, об'єм води – 78,2 тис. км<sup>3</sup>), а найбільшим прісним озером є Байкал (його площа – 31,5 тис. км<sup>2</sup>, об'єм води – 23 тис. км<sup>3</sup>).

Кількість води в **руслах річок** безперервно змінюється залежно від зміни кліматичних факторів стоку – *опадів і випаровування*. Ці коливання для різних річок є не синхронними, тому сумарний запас води в руслах річок визначається для середніх умов. Незважаючи на те, що об'єм цих вод дуже малий, вони мають важливе значення для людини, тому що є безперервним відновлюваним джерелом водних ресурсів.

Кількість **біологічної води**, тобто води, яка знаходиться в живих організмах і рослинах, порівняно з кількістю інших видів води дуже незначна. Але у всіх частинах біосфери вода є необхідною речовиною для підтримання і розвитку життя. Наведений в таблиці об'єм біологічної води є орієнтовним, тому що кількість біомаси (а в ній у середньому міститься 80% води) за підрахунками різних дослідників коливається від  $3,6 \times 10^{11}$  до  $36 \times 10^{14}$  т.

В **атмосфері вода** знаходиться у вигляді водяної пари, крапель води і кристалів льоду. Повітряними течіями вона переноситься з одних районів в інші, конденсується за певних умов і випадає у вигляді атмосферних опадів, і зосереджена в основному (90%) в нижніх шарах атмосфери (від 0 до 5 км).

**Кругообіг води в природі** – це безперервний замкнутий процес циркуляції води на планеті. Він має циклічний характер і складається з кількох ланок:

- випаровування води;
- перенесення водяної пари повітряними течіями;
- утворення хмар;
- випадання опадів;
- поверхневого і підземного стікання вод суші в океан.

*Рушійними* силами кругообігу води є сонячна енергія та сила тяжіння.

Суша ділиться на дві частини, або області – **стічну, або область зовнішнього стоку, і безстічну, або область внутрішнього стоку**.

**Стічною (або периферійною)** називається частина суші, річковий стік якої здійснюється безпосередньо в моря і океани.

**Безстічною** називається частина суші, з якої немає стоку в океани і моря; води її річок або надходять у безстічні озера, або витрачаються на випаровування. З усієї площі суші стічні області займають 119 млн. км<sup>2</sup>, а безстічні – 30 млн. км<sup>2</sup>.

Математичною моделлю кругообігу води є рівняння водного балансу.

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 21 з 114	

Відносна незмінність рівня Світового океану свідчить про те, що між *прибутковою* (атмосферні опади) і *видатковою* (випаровування, стік) частинами кругообігу існує *рівновага* (баланс).

### **Математичною моделлю кругообігу води є рівняння водного балансу**

**Водний баланс** розглядається за будь-який проміжок часу – рік, місяць, декаду, багаторіччя тощо. Враховується надходження, витрата і акумуляція (зміна запасів) води для річкового басейну чи ділянки території, озера, болота або іншого досліджуваного об'єкту.

Врахуванню підлягають:

- атмосферні опади;
- конденсація вологи;
- горизонтальне перенесення і відкладання снігу;
- поверхневий і підземний приплив;
- випаровування, поверхневий і підземний стік;
- зміна запасів вологи у ґрунті.

#### **Рівняння водного балансу для малого кругообігу (в межах океану)**

$$Z_0 = X_0 + Y_c,$$

де  $Z_0$  - середнє багаторічне сумарне випаровування з поверхні Світового океану;

$X_0$  - середня багаторічна сума атмосферних опадів на поверхню Світового океану;

$Y_c$  - середній сумарний багаторічний стік із суші.

#### **Рівняння водного балансу для великого кругообігу**

$$Z_c + Y_c = X_c, Z_c = X_c - Y_c,$$

де  $Z_c$  - середнє багаторічне сумарне випаровування з поверхні периферійних областей суші;

$Y_c$  - середній сумарний багаторічний стік із суші;

$X_c$  - середня багаторічна сума атмосферних опадів для периферійних областей суші.

#### **Рівняння водного балансу для безстічних областей**

$$Z_\delta = X_\delta,$$

де  $Z_\delta$  - середнє багаторічне сумарне випаровування з поверхні безстічних областей;

$X_\delta$  - середня багаторічна сума атмосферних опадів на поверхню безстічних областей.

#### **Рівняння водного балансу для планети в цілому**





$$Z_3 = Z_o + Z_c + Z_d = X_o + X_c + X_d = X_3,$$

де  $Z_3$  - середнє багаторічне сумарне випаровування з поверхні всієї планети;

$X_3$  - середня багаторічна сума опадів для всієї планети.

**Рівняння водних балансів** показують, що:

- 1) з океанів і морів в середньому щороку випаровується стільки вологи, скільки випадає на них опадів у сумі з річковим стоком;
- 2) із поверхні суші в середньому щороку випаровується стільки вологи, скільки випадає на її поверхню опадів мінус річковий стік;
- 3) з поверхні безстічних областей щороку випаровується стільки вологи, скільки випадає опадів на її поверхню;
- 4) сумарне випаровування вологи з поверхні океанів, морів і суші дорівнює сумі опадів, що випадають на їхню поверхню.

**Світовий океан** - безперервна водна оболонка земної кори (океаносфера), що оточує материки.

Світовий океан становить 70,8% (361 млн. км<sup>2</sup>) земної поверхні, у ньому зосереджено 96,5 % (1370 млн.км<sup>3</sup>) усіх вод планети.

Залежно від будови дна, обрисів материкових берегів, руху вод, структура Світового океану складається з океанів, морів, заток і проток.

**Море** – це частина Світового океану, що відокремлена від нього суходолом, підводним підвищенням або островами і має своєрідний гідрометеорологічний режим.

Моря поділяються на:

- *внутрішні* - це моря, що знаходяться глибоко в суходолі і сполучаються з океаном однією або кількома протоками. Наприклад, Азовське, Чорне, Середземне.
- *окраїнні* - це моря, що недалеко знаходяться в суходолі й відокремлюються від океану островами, півостровами і нерівностями дна. Наприклад, Аравійське, Баренцеве, Охотське, Північне, Берінгове.
- *міжострівні* - це моря, що обмежені кільцем островів. Наприклад, Банда, Сулавесі, Філіпінське, Яванське моря.

**Протока** - порівняно вузька смуга води, що розділяє які-небудь ділянки суходолу і з'єднує суміжні водні басейни або їхні частини.

*Наприклад, Керченська протока* сполучає Азовське і Чорне моря, *Гібралтарська* поєднує Середземне море і Атлантичний океан, *Дрейка* – з'єднує Атлантичний та Тихий океани, розділяє Південну Америку та Антарктиду.

**Затока** - частина акваторії моря (або океану), що заглиблюється в суходіл і має вільний водообмін з основним водним басейном (має такі ж властивості, як море або океан).

*За походженням* розрізняють океанічні й морські затоки,

*за формою* - воронкоподібні, витягнуті, розгалужені,

*за властивостями вод* - опріснені, солонуваті, солоні,

*за глибиною* - мілководні й глибоководні.



	Система менеджменту якості НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 23 з 114	

*Наприклад, Одеська, Біскайська, Бенгальська, Мексиканська затоки.*

**Бухти** - Невеликі акваторії обмежені мисами або островами (східне узбережжя Євразії)

**Губи** - Морські затоки в гирлах річок (Північ Євразії)

**Лагуни** - Неглибокі, відділені вузькими піщаними косами (східне узбережжя Південної Америки)

**Лимани** - Подібні до лагун (Чорне, Азовське моря)

**Естуарії** - Воронкоподібні затоки в гирлах річок (Європейське узбережжя)

**Фіорди** - Вузькі і глибокі затоки в скелястих берегах (Скандинавський півострів)

#### **Основні частини дна:**

- підводна околиця материка (шельф, материковий схил і материкове підніжжя ),
- ложе океану,
- глибоководні жолоби,
- серединно-океанічні хребти.

Основні елементи рельєфу, такі, як серединно-океанічні хребти, глибоководні жолоби, острівні дуги, улоговини, глибоководні западини властиві всім океанам. Однак у розташуванні цих структурних елементів є розходження.

*Серединно-океанічні хребти* особливо чітко виражені в Атлантичному й Індійському океанах.

*Острівні дуги і глибоководні жолоби* з максимальними глибинами — найважливіші елементи структури Тихого океану.

В Атлантичному, Індійському і Північному Льодовитому океанах добре виражені *глибоководні улоговини*, що у Тихому виражені менш чітко.

#### **Особливості рельєфу океанів**

Береги *Тихого океану* надзвичайно різноманітні. Так, уздовж американського узбережжя височать гірські хребти Анд і Кордельєрів. Велетенські прибійнні хвилі перпендикулярно підходять до них з відкритого океану і руйнують їхні підніжжя. Наносів тут мало. Лише зрідка трапляються акумулятивні тераси. Отже, східні береги абразивні.

Західними берегами океану є береги окраїнних морів. Оскільки прибій та хвилі тут незначні, то вздовж рівнинних просторів Азії більше акумулятивних берегів, хоча подекуди трапляються абразивно-денудаційні.

В екваторіально-тропічних широтах простяглися органігенні коралові та мангрові береги.

У районах давнього та сучасного зледеніння обох півкуль, зокрема на Камчатці, Алясці, в Канаді, Чилі, Новій Зеландії, здебільшого фіордові береги.

Довжина деяких фіордів досягає кількох десятків кілометрів, а Согнефіорд у Північному морі простягся на 220 км при ширині 1,5 - 6,0 км та глибині 1245 м. Його скелясті береги здіймаються на висоту 1500 м.

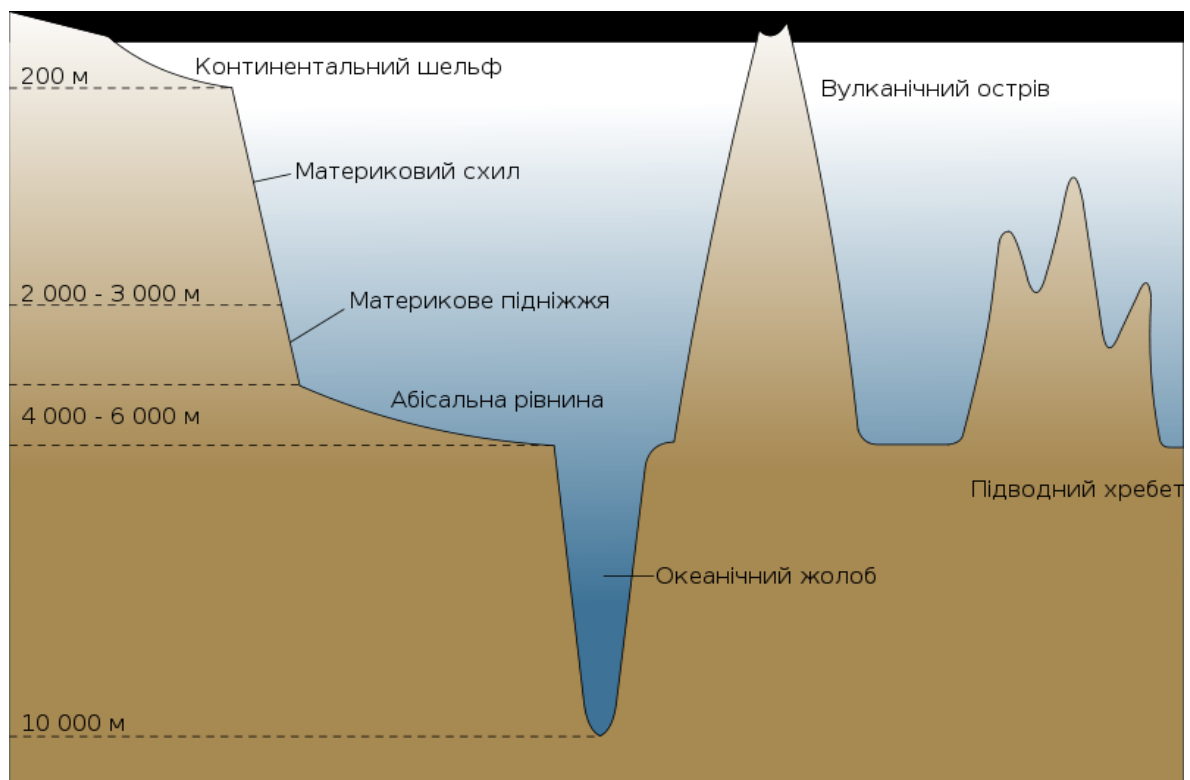
Особливості берегів *Індійського океану* визначаються геологічною будовою материків та дією хвильових процесів. Більша частина океану розташована в межах екваторіально-



тропічного поясу, тут поширені коралові та мангрові береги. Коралові береги характерні для узбережжя Північної та Північно-Західної Австралії та острова Мадагаскар.

Різноманітність приморського рельєфу в *Північному Льодовитому океані* зумовлює велику різноманітність типів берегів океану. На їхньому розвитку позначається вплив плаваючої морської криги. Вона послаблює хвилі та обмежує період їхньої дії.

Велику роль у формуванні берегів відіграє морозне вивітрювання, яке найактивніше у тріщинуватих велико-зернистих вивержених породах. Унаслідок вивітрювання та морської абразії виникають особливі форми берегових обривів - жолоби, ніші, печери.



### Донні відклади в океанах і морях

*Донні відклади* формуються з дрібних твердих мінеральних часток, які називають осадовим матеріалом.

Походження осадового матеріалу різне. Частина його представляє собою результати руйнування гірських порід суходолу. *Це теригенний матеріал*. Він виноситься в океан річками, вітром, кригою (айсбергами) або утворюється в результаті абразії берегів і дна. Значна частина осадів представлена вулканогенним (пірокластичним) матеріалом.

Важливу роль в поповненні осадового матеріалу відіграє процес відмирання морських організмів, що мають скелети або покрови з кремнезему та вапна. Це *біогенний осадовий матеріал*.

Є осадові частки, що утворюються в результаті хімічних процесів у морській воді та морському дні. Їх називають *хемогенним або аутогенним матеріалом*.

Невелика кількість осадового матеріалу має *космічне походження*. Це метеоритний пил, що утворюється в результаті згоряння метеоритів і осідання на дно океанів.

*Хвилювання є одним із різновидів гідродинамічних процесів*, які існують в океані. Незалежно від факторів, якими вони спричинені, хвилі являють собою коливальні рухи рідини

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 25 з 114	

в деякому шарі води. У цьому шарі частки води роблять періодичні коливання навколо положення своєї рівноваги.

Морські хвилі бувають: *вітрові*; *припливно-відпливні*, що виникають під дією сил тяжіння Місяця і Сонця; *анемобаричні*, пов'язані з відхиленням поверхні океану від положення рівноваги під дією атмосферного тиску; *сейсмічні* (цунамі), що виникають у результаті тектонічних 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 довжина хвилі менша за глибину моря; у довгих, навпаки, довжина хвилі більша за глибину моря.

Розрізняють такі елементи хвиль:

*гребінь хвилі* – найвища точка хвильового профілю;

*нідошва хвилі* – найнижча точка хвильового профілю;

*фронт хвилі* – лінія, яка проходить уздовж гребеня хвилі і перпендикулярна до напрямку переміщення хвиль;

*висота хвилі* – відстань по вертикалі від найвищої до найнижчої точки хвильового профілю;

*довжина хвилі* – горизонтальна відстань між двома послідовно розміщеними найнижчими точками в напрямку поширення хвиль (чи між двома гребенями двох послідовних хвиль);

*улоговина* – частина хвилі, розташована нижче середнього хвильового рівня;

*крутизна хвилі k* – відношення висоти хвилі до її довжини ( $k = h/\lambda$ );

## Лекція № 4

### Гідрологія річок.

#### План лекції

1. Гідрографічна мережа.
2. Річки та річкові системи.
3. Основні ланки руслової мережі.
4. Водозбір і басейн річок.

#### Література:

1. Вишневський В. І. Багаторічні зміни водного режиму річок України / В. І. Вишневський, А. В. Куций. – Київ: Накова думка, 2022. – 252 с.

#### Зміст лекції

**Річкою** називається водний потік, який протікає в природному руслі і живиться за рахунок поверхневого і підземного стоку.<sup>2</sup> До річок відносять лише постійні і відносно великі водотоки з площею басейну не менше 50 км



Водотоки меншого розміру називають **струмками**

Річки можуть впадати в океани, моря, озера.

**Річки є основним джерелом прісної води** і вони зазнають найбільшого антропогенного впливу. Характерною особливістю трофічних ланцюгів річок є їх короткість (1-4 ланки) і невелика кількість продуцентів. В річкових екосистемах рослинний і тваринний світи залежать від кількості поживних речовин, розчиненого у воді кисню і швидкості течії.

Для річок характерний значний виніс речовин з екосистем і незначна замкненість кругообігу речовин.

**Головна річка** – це річка, що впадає в один із таких водних об'єктів, а річки, що впадають в неї – її притоки.

**Струмок** – невеликий постійний або тимчасовий потік, утворений унаслідок стікання снігової чи дощової води або виходу на поверхню підземних вод

Сукупність усіх річок, що скидають свої води через головну річку в океан, море чи озеро, називається **річковою системою або річковою сіткою**.

1. **Річка** – природний водний потік, що протікає в зниженнях рельєфу, створених її рухом.

2. **Витік** – місце де починається річка.

3. **Гирло** – місце, де річка впадає в іншу водойму (річку, озеро, море, океан).

4. **Річкова долина** – звивисте заглиблення від витоків до гирла, по якому тече річка.

5. **Річище** – частина долини, що зайнята водним потоком постійно.

6. **Заплава** – частина річкової долини, що заливається водою під час повені.

7. **Тераси** – виступи (сходинки) річкової долини, наслідки діяльності води в річці в доісторичні часи, коли річкова долина була менш глибока.

8. **Пороги** – кам'яністі ділянки в річищі, що утворені виходами твердих гірських порід або валунами.

9. **Водоспад** – падіння води в річці з виступу, утвореного в її річищі, складеного твердими породами.

10. **Річкова система** – головна річка з усіма її притоками.

11. **Річковий басейн** – територія, з якої річка збирає усі свої води.

12. **Вододіл** – межа між річковими басейнами.

Середня густина річкової сітки становить  $0,39 \text{ км/км}^2$  :

- на півночі –  $0,5 \text{ км/км}^2$  ;

- на півдні –  $0,1 \text{ км/км}^2$  ;

- у Карпатах – понад  $1 \text{ км/км}^2$  ;

- у Кримських горах –  $0,6-0,7 \text{ км/км}^2$  .

(Сукупність усіх річок, що скидають свої води через головну річку в океан, море чи озеро, називається річковою системою або річковою сіткою. Густина річкової сітки характеризується коефіцієнтом густоти, що являє собою відношення сумарної довжини річкової сітки на даній території до її величини. Коефіцієнт густоти річкової сітки виражається в  $\text{км/км}^2$  )

## Характеристика річкового русла

### Основні морфологічні елементи русла

**Меандри** – закручування русла річки, що виникає внаслідок циркуляції води в річковому



потоці;

**осередки** – рухомі підвищення дна, що затоплюються;

**острови** – стабільні підвищення дна, що закріплені рослинністю;

**плеса й перекази** – це глибокі й мілкі ділянки русла.

### Типи річкового русла

**Пряме** – утворюються з наносів у формі суспензії, істотно не впливають на потік води і не формують річкових структур.

**Звивисте** – найглибша частина перерізу водного потоку (тальвег) зміщується, стає єдиним місцем протікання води, тому наноси інтенсивніше осідають і формують піщані мілини та заплави.

**Розгалужене** - розгалужені русла пов'язані з великою водоносністю і значним похилом річки, замість одного русла утворюється багато невеликих.

**Річкова система** — сукупність приток головної річки у межах річкового басейну; частина гідрографічної сітки.

Складається з головної річки (стовбура системи) і приток першого, другого й наступного порядків. Притоками першого порядку називаються річки, що безпосередньо впадають у головну річку, другого порядку — притоки приток першого порядку і т. д.

**Назва річкової системи** дається за назвою головної річки, що є звичайно найдовшою та багатоводнішою річкою в системі.

На території України виділяють **9 основних річкових систем**. Найбільші з них: Дніпро, Дунай, Дністер, Південний Буг, Сіверський Дінець.

## Лекція № 5 Гідрологія річок.

### План лекції

1. Морфометричні характеристики басейну річок.
2. Річкові долини та їх типи за походженням.
3. Елементи річкових долин.
4. Морфометричні елементи русла.
5. Повздовжній профіль річки.

### Література:

1. Вишневський В. І. Багаторічні зміни водного режиму річок України / В. І. Вишневський, А. В. Куций. – Київ: Накова думка, 2022. – 252 с.

### Зміст лекції

#### **Морфометричні характеристики річкового басейну:**

- площа (F, км<sup>2</sup>); - довжина (L, км); - середня та максимальна ширина ( $B_{\text{сер.}}$ ,  $B_{\text{макс.}}$ , км);  
- середня висота (H, м); - похил басейну (I, ‰).

**Площа басейну** – це площа, що обмежена вододільною лінією.



*Довжина басейну*, або його вісь – це відстань по прямій від гирла річки до найвіддаленішої точки басейну. Якщо басейн вигнутий чи складної форми, то пряма лінія замінюється на ламану, яка повторює контури русла.

*Максимальна ширина* басейну визначається як довжина прямої, перпендикулярної до довжини басейну в його найширшому місці.

*Середня ширина* басейну – це відношення площі басейну до його довжини:

$$V_{\text{сер.}} = F/L, \text{ км.}$$

*Похил басейну* обчислюється за формулою:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L},$$

де  $H_1$  і  $H_2$  – абсолютна відмітка поверхні басейну відповідно у верхній і нижній його частинах.

***Річкові басейни, окрім морфометричних, мають фізико-географічні характеристики:***

- *географічне положення* басейну, яке подається у вигляді географічних координат його крайніх точок; - *кліматичні особливості* басейну (кількість опадів, сніговий покрив, інтенсивність дощів, температура і вологість повітря); - *геологічна будова і тектоніка басейну*; - *гідрогеологічні умови*; - *водно-фізичні властивості* підстилаючих порід; - *рельєф*, який характеризується через похил.

### **Верхня, середня і нижня течії річки**

Річка на всьому своєму шляху проносить води по ділянках, які відрізняються між собою за характером течії, похилом, кількістю води, ерозійною діяльністю тощо. Але, незважаючи на відмінності, течію кожної річки можна умовно поділити на три частини, які мають більш-менш загальні риси – ***верхню, середню і нижню***. У ***верхній течії*** річка здебільшого характеризується великими похилами і відповідно до цього великими швидкостями течії, а також значним розмивом свого русла. ***В середній частині*** похили водної поверхні і швидкості течії зменшуються, водність збільшується, ерозійна діяльність потоку слабшає. ***В нижній течії*** переважно відкладаються продукти розмиву, принесені річкою з верхніх частин басейну.

### **Поздовжній профіль річки**

***Поздовжній профіль річки*** характеризується поздовжнім профілем її дна і водної поверхні. Різниця висот  $\Delta h$  двох будь-яких точок водної поверхні або дна річки по довжині річки, називається ***падінням***. Величина падіння обчислюється в сантиметрах на 1 км (см/км). Відношення величини падіння до довжини річки на ділянці називається ***похилом річки I***, який дорівнює

$$I = \Delta h/d.$$

***Похил*** – величина безрозмірна і записується в долях одиниці, %. Лінія дна на поздовжньому профілі завжди нерівна внаслідок чергування глибоких та мілких місць у руслі річки (плесів і перекатів). Лінія ж поздовжнього профілю водної поверхні має відносно плавний характер.

**Поздовжній профіль русла з часом змінюється мало, тоді як для поздовжнього профілю водної поверхні характерні значні зміни, що пов'язані із змінами водного режиму.**

Серед великої різноманітності поздовжніх профілів виділяють:

- ***плавновігнуті***, такі профілі, на якому відзначається зменшення похилу від витoku до гирла;

- ***прямолінійні***, коли похил має майже постійне значення від витoku до гирла;





- **опуклі**, для таких профілів характерне зниження похилів у верхів'ях потоку, збільшення – в пониззі;

- **ступінчасті** – з різкими змінами похилів по всій довжині річки.

Формування поздовжнього профілю річки відбувається найінтенсивніше в початковій його стадії. З часом потік, поглиблюючи і розмиваючи русло, поступово вирівнює свій поздовжній профіль.

### **Поперечний профіль річки**

**Поперечний профіль** річки характеризується перевищенням рівня води поблизу одного берега над рівнем води поблизу протилежного.

Різниця в рівнях води біля протилежних берегів спричинена тим, що:

- **русло річки** ніколи не буває прямолінійним, ступінь кривизни русла характеризується **радіусом кривизни**;

- **різницю рівнів** біля протилежних берегів спричинює сила Коріоліса, під впливом обертання Землі навколо своєї осі всі тіла, які рухаються, відхиляються від початкового напрямку руху у **північній півкулі праворуч**, а у **південній – ліворуч**.

### **Рівневий режим річок**

**Рівнем води** називається висота поверхні води, яка відраховується відносно певної умови постійної площини, що називається нулем графіка. Рівень води є важливим елементом водного режиму. Від його висоти залежить глибина і ширина річки, площа водного перерізу, похили, швидкості течії, витрати води тощо.

**Відомості про рівні води** потрібні багатьом галузям господарської діяльності людини – водному транспорту, лісосплаву, енергетиці, меліорації, рибному господарству тощо.

**Рівень води в річках увесь час змінюється як у часі, так і по величині.** Щороку на річках спостерігаються високі (весняні), низькі (літні, зимові) та інші характерні рівні. Якщо всі рівні нанести на графік, одержимо **календарний, або хронологічний** розподіл їх протягом року.

Узагальнену характеристику рівнів за тривалий період дає **типовий графік**.

**Типовий графік** будується за осередненими характерними елементами, які щороку спостерігаються протягом багатолітнього періоду:

- максимальний рівень навесні, влітку, восени, взимку;
- мінімальний рівень взимку, влітку, восени;
- рівень на початку підвищення і в кінці спаду водопіль і паводків;
- рівень на початок і кінець фаз льодового режиму (льодохід і льодостав);
- рівень на кінець року.

Ці елементи режиму характеризуються висотою рівня та датою, коли вони спостерігалися і це дає змогу побудувати типовий графік рівнів.

Спостереження над рівнями води проводять на гідрологічних постах. **Результати спостережень над рівнями води в річках України публікуються в Держаному водному кадастрі.**

Вивчення гідрологічного режиму водних об'єктів провадять двома способами: **стаціонарним і експедиційним.**

Для повного і всебічного вивчення водних об'єктів використовують **стаціонарний спосіб**, який полягає в організації тривалих гідрометричних спостережень на постійно діючих постах і станціях.

**Експедиційний спосіб** дає змогу у короткий час провести гідрометричні роботи на значній кількості водних об'єктів і використовується передусім за спеціальним завданням (зрошування, спорудження мостів, гідроелектростанцій тощо).



	Система менеджменту якості НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 30 з 114	

Гідрологічні станції і пости входять до складу *гідрологічної мережі*, яка є *складовою частиною загальної державної гідрометеорологічної мережі України*. Розрізняють головні і спеціальні гідрологічні станції і пости. Головні, зокрема, поділяють на режимні та оперативні (інформаційні).

*Головні пости* займаються вивченням гідрологічного режиму водних об'єктів протягом багаторічного періоду та забезпеченням служби прогнозів і народного господарства режимною інформацією. *Режимні гідрологічні пости* призначені для вивчення місцевих особливостей гідрологічного режиму річок і водойм; *оперативні* – споруджують для забезпечення гідрологічною інформацією служби прогнозів і для господарської діяльності. *Спеціальні гідрологічні станції і пости* вивчають місцеві особливості режиму водного об'єкта за цільовою програмою.

### Лекція № 6

#### **Види живлення річок. Річковий стік та його складові.**

##### **План лекції**

1. Види живлення та водний режим річок.
2. Гідрограф стоку.
3. Механізм течії річок.
4. Розподіл швидкості течії води в річках та її екологічна роль.
5. Річковий стік та його складові.
6. Кількісна характеристика стоку. Норма стоку.
7. Водоносність річок та її внутрішньорічний розподіл.

##### **Література:**

1. Вишневський В. І. Багаторічні зміни водного режиму річок України / В. І. Вишневський, А. В. Куций. – Київ: Накова думка, 2022. – 252 с.
2. Гопченко Є. Д., Шаменкова О. І. Фізична гідрологія: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2016. 195с.

##### **Зміст лекції**

**Водний режим річки** – це закономірна зміна в часі рівня, витрати та об'ємів води.

**Елементами водного режиму** є рівень води, швидкість течії та витрата води.

**Головною кількісною характеристикою** водного режиму річок є гідрограф – графік зміни витрати води за рік або частину року (сезон, водопілля (повінь) або паводок), тобто зміни витрат у часі.

**Витрата води** – це кількість води, яка протікає за одиницю часу через водний переріз ( $\text{м}^3/\text{с}$ ).

Частина гідрологічного року, в межах якого режим річки відзначається загальними рисами його формування та прояву, що зумовлено сезонними змінами клімату, називають **гідрологічним сезоном**.

Сезонні зміни клімату безпосередньо впливають на живлення річок і, як наслідок, на форми гідрографів.

**Розрізняють: весняний, літньо-осінній і зимовий гідрологічні сезони.**

**Основним джерелом живлення річок** на земній кулі є атмосферні опади. За певних умов частка випадаючих рідких опадів утворює поверхневий стік і є джерелом живлення річок



в періоди паводків. Тверді опади акумулюються на поверхні суші у вигляді снігового покриву. На рівнинах та невисоких горах сніг тоне у теплий час року і також є джерелом живлення річок. Сніг у високих горах в окремі роки тоне не повністю, поповнює запаси довічних снігів і дає початок льодовикам. Талі води цього снігу та льодовиків є ще одним з джерел живлення річок. Деяка частка талих і дощових вод проникає в ґрунти і поповнює запаси підземних вод, які перехоплюються річковими долинами та руслами і є джерелом живлення річок. Таким чином, є чотири типи живлення річок: *снігове, дощове, підземне та льодовикове*.

Співвідношення між кількістю води, що надходить в річки з того чи іншого джерела живлення, неоднакові у різних районах. Змінюються вони від сезону до сезону однієї і тієї ж річки і залежать головним чином від кліматичних умов: режиму опадів і температури повітря протягом року, а також від фізико-географічних умов району та господарської діяльності.

У формуванні загального стоку інколи буває важко виділити роль окремих типів живлення, в цьому разі вживається термін – змішане живлення.

Вивчення форми гідрографів за багато років дало змогу визначити характерні періоди підвищених і понижених витрат води та встановити послідовність їхнього чергування.

Об'єм річного стоку може змінюватися від року до року, проте характерні періоди (фази) режиму річки, які залежать від умов живлення, переважно зберігаються.

*Фаза водного режиму річок* - характерний стан водного режиму річки, який повторюється у певні гідрологічні сезони внаслідок зміни живлення.

Головними фазами водного режиму річки є *водопілля (повінь), паводок і межень (літня і зимова)*.

*Водопілля* – це фаза водного режиму річки, яка щороку повторюється у певних кліматичних умовах в один і той же сезон і відзначається найбільшою водністю, високим і тривалим підйомом рівня води. Водопілля формується як талими сніговими, так і дощовими водами. Танення снігу на рівнинах зумовлює весняне водопілля, танення високогірних снігів і льодовиків - літнє. Випадання довготривалих літніх дощів є причиною водопілля у теплу частину року (весняно-літнє або літнє водопілля). Підняття рівня води під час водопілля відбувається рівномірно.

*Тривалість водопілля* – від декількох днів на малих річках, до 4-5 місяців на великих. За час весняного водопілля річки проносять до 50% річного об'єму стоку в північних районах і 90-100% річного стоку – в південних.

**Різновидністю водопілля є повені. Повені** – це дуже високі водопілля, які призводять до затоплення значних площ у долинах річок.

*Кожне водопілля характеризується* датою початку підйому та кінця спаду, датою проходження максимуму, об'ємом водопілля.

*Паводок* – це фаза водного режиму, яка може багаторазово повторюватися у різні сезони року. Для нього властиве інтенсивне, переважно короткочасне збільшення витрат і рівнів води, спричинене дощами чи таненням снігу під час відлиг. Під час паводку підняття рівня води відбувається нерівномірно, швидкість руху гребеня паводка по довжині річки найчастіше більша від середньої швидкості течії (для окремих річок у 1,5-2 рази) і залежить від похилу, характеру русла і величини витрати води.

Паводки на гірських річках рухаються зі швидкістю 4м/с і більше, на рівнинних – 1,0-1,5м/с. Паводки часто супроводжуються катастрофічними наслідками. *Об'єм води за паводок* залежить від кількості опадів, що його спричинили, тривалості їх та втрат на просочування і випаровування. *Висота паводка* залежить від інтенсивності дощу і морфології русла і заплави.

Практичне значення має прогнозування водопілля та паводків.



Якщо **водопілля можна прогнозувати** з великою завчасністю (2-3 місяця), то **дощові паводки майже не прогнозуються** або прогнозуються з дуже малою завчасністю (декілька годин).

**Межень** – це фаза водного режиму, яка щорічно повторюється в один і той же сезон, відзначається малою водністю, довготривалим низьким рівнем, зумовлена зменшенням живлення ріки.

У межень річки живляться переважно за рахунок підземних вод.

У помірних широтах вирізняють два періоди зменшеного стоку – літню і зимову межень.

### Гідрограф стоку.

Зміна витрат води у часі відображається у вигляді хронологічного графіка коливань – гідрографа стоку. Гідрограф будується за даними щодобових витрат води, визначених за допомогою залежності  $Q = f(H)$ .

Гідрографи будуються за окремі характерні роки (багатоводний, маловодний та середній щодо водності), середні за даними багаторічних спостережень, а також типові. За типовий приймається такий гідрограф, який відображає загальні риси гідрологічного режиму річок за декілька років і вільний від випадкових особливостей кожного року. За ряд років осереднюються величини ординат (витрати) і абсцис (час): початок водопілля, настання максимуму, кінець повені і т.д. По встановлених опорних точках будується плавний графік з таким розрахунком, щоб сумарний річний об'єм стоку, визначений за типовим гідрографом, відповідав дійсному середньому його значенню за багаторічний період.

Кількісна оцінка ролі окремих джерел живлення річок є важкою задачею і вирішується приблизно. В деяких районах значна частка дощових та снігових вод надходить в річкову мережу не у вигляді поверхневого стоку, а дренується річковою мережею як інфільтрація цих вод у поверхневі шари землі. Це характерно для лісних районів, де ґрунти мають велику спроможність вбирати снігові та дощові води.

Аналогічне явище має місце у гірських районах, де спостерігається інтенсивне вбирання поверхневих вод за рахунок накопичення уламкового матеріалу.

Кількісна оцінка ролі джерел живлення річок виконується розчленуванням гідрографів. Найпростіший спосіб розчленування – це з'єднання на гідрографі прямими або плавними лініями точок мінімальних витрат передвесняного та меженного періодів у проміжках між паводками. За таким способом не враховуються особливості режиму стоку підземних вод в річки.

Найбільш просто на гідрографі виділяють період, коли річка має живлення тільки від підземних вод – періоди стійкої зимової та літньої межені. Для визначення поверхневого припливу води, яка надходить до річок від дощів та відлиг, необхідно розглянути та здійснити аналіз комплексних графіків елементів гідрологічного режиму.

*Основні типи водного режиму річок і їхній зв'язок з типами живлення.*

Основні типи водного режиму річок	Переважні типи живлення
I Річки з водопіллям	Снігове
II Річки з водопіллям та паводками	Снігове та дощове
III Річки з паводками	Дощове

Всі ці типи водного режиму річок мають і підземне живлення, яке забезпечує межень, на фоні якої формуються водопілля та паводки. До I типу відносяться річки і тимчасові водотоки арктичної та напівпустельної зон холодного і помірного клімату; до II типу – річки тундрової, лісної та степової зон помірного клімату; до III типу – річки і тимчасові водотоки лісної та

	Система менеджменту якості НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 33 з 114	

степової зон мусонного клімату, лісної, степної і пустельної зон субтропічного клімату. Водний режим річок I типу характеризується водопіллям, яке повторюється щорічно; в межень на рівнинних річках спостерігається низький стік – до повного перемерзання та пересихання, паводки майже відсутні. Річки мають переважно снігове живлення. Водний режим річок II типу характеризується водопіллям, яке повторюється щорічно, але в межень спостерігається підвищений стік, спостерігаються дощові паводки. Річки мають переважно снігове та дощове живлення. Водний режим річок III типу характеризується короткочасними паводками, які у різних природних умовах властиві різним сезонам. Річки мають переважно дощове живлення. Вся територія поділена на шість основних зон: арктичну, тундрову, лісову, степову, напівпустельну та пустельну. На основі цього поділу виконано гідрологічне районування та наведена характеристика режиму річок кожного району і підрайону (рівнинна чи гірська територія). У ній містяться дані про середній водний баланс та коефіцієнти стоку, максимальний і мінімальний стік, фази водного режиму, умови замерзання та пересихання.

### ***Механізм течії річок***

В природі існують два режими руху рідини: ламінарний та турбулентний. ***Ламінарний*** рух – паралельнострумний, під час постійної витрати води швидкість у кожній точці потоку не змінюється в часі, за значенням та напрямом. Рух залежить від в'язкості рідини, а опір руху пропорційний швидкості у першому степені. Перемішування у потоці мають характер молекулярної дифузії. Ламінарний рух зустрічається тільки в підземних водах, причому в однорідних малозернистих пластах з дуже невеликими швидкостями. У річкових потоках рух – ***турбулентний***. Характерною особливістю турбулентного режиму є пульсація швидкості. Тобто зміна її в часі у кожній точці за значенням та напрямом; ці коливання відбуваються за сталих середніх значень. Турбулентний рух не залежить від в'язкості рідини. Опір руху в турбулентних потоках пропорційний квадрату швидкості. Перехід від ламінарного до турбулентного руху, і навпаки, відбувається при деяких співвідношеннях між швидкістю та глибиною потоку і виражається числом Рейнольдса.

Турбулентний характер руху води у річках зумовлює перемішування водної маси, інтенсивність його збільшується зі збільшенням швидкості течії. Це має велике гідрологічне та екологічне значення: температура, концентрація завислих та розчинених частинок вирівнюється за живим перерізом потоку.

Рух води в природних умовах відбувається під дією сили тяжіння за наявності поздовжнього уклону. Швидкість руху залежить від співвідношення складової сили тяжіння, паралельної лінії поздовжнього профілю та сили опору, яка виникає внаслідок внутрішнього тертя між частинками рідини, і тертя, що чинить рух маси води на дні. Величина складової сили тяжіння залежить від уклону водної поверхні, а сила опору – від характеру руху рідини (ламінарний, турбулентний) та ступеня шорсткості русла. У річкових потоках величина та напрям швидкості руху змінюється в часі як за живим перерізом, так і за довжиною річки. Виділяють такі види руху води в потоках: рівномірний, нерівномірний та неусталений. При рівномірному русі швидкість течії, живий переріз, витрата води сталі по довжині потоку і не змінюються в часі. Такого виду рух спостерігається у каналах з призматичною формою. Під час нерівномірного руху уклон, швидкість, живий переріз не змінюються в даному перерізі в часі, але змінюються за довжиною потоку. Цей вид руху спостерігається у річках в період межені при сталих витратах води, а також в умовах підпору, утвореного греблею. За неусталеного руху уклон, швидкість течії, живий переріз на ділянці змінюються і в часі, і за довжиною. Неусталений рух характерний для річок під час водопілля та паводків.

### ***Розподіл швидкості течії в річках***



Швидкість течії – це шлях, пройдений частинками води потоку в одиницю часу, виміряний в метрах за одну секунду (м/с). Швидкості течії у річках змінюються за глибиною та за шириною живого перерізу. Криві зміни швидкості по вертикалі називаються епюрами швидкості.

У період відкритого русла найбільша швидкість спостерігається на поверхні води та повільно зменшується до дна, поблизу якого вона найменша.

Швидкість течії на ділянці перед різким підвищенням дна зменшується і біля дна іноді має нульові значення.

Зменшення швидкості спостерігається у придонному шарі і за наявності водної рослинності, що значно збільшує шорсткість русла.

За наявності льодяного покриву максимальна швидкість спостерігається у середині глибини потоку, що зумовлюється додатковим тертям нижньої поверхні льоду.

Розподіл швидкості руху у перерізі річки можна визначати за допомогою ізотаків – ліній, які з'єднують у живому перерізі точки з однаковими швидкостями течії.

*Стік* – це переміщення води по земній поверхні, а також у товщі ґрунту та гірських порід у процесі кругообігу її в природі. Під час обчислення стік характеризується величиною, яка визначає кількість води, що стікає з водозбору за певний проміжок часу, і виражається як об'єм  $W$ , модуль  $q$  чи шар стоку  $Y$ .

*Модуль стоку  $q$*  - кількість води, яка стікає з одиниці площі водозбору за одиницю часу; виражається в літрах або  $\text{дм}^3$  за секунду з  $1 \text{ км}^2$  площі басейну ( $\text{л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  -  $\text{дм}^3 /(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ ) або в кубічних метрах за секунду з  $1 \text{ км}^2$  площі басейну ( $\text{м}^3 /(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ ).

*Шар стоку  $Y$*  - кількість води в міліметрах, яка рівномірно розподіляється по площі  $F$  та стікає з водозбору за певний проміжок часу  $T$ :

$$Y = W / F \cdot 10^3$$

де  $W$  - об'єм стоку,  $\text{м}^3$ , а  $F$  - площа водозбору,  $\text{км}^2$ .

Шар стоку за рік в міліметрах дорівнює:

$$Y = 31.54q,$$

де  $31.5 \cdot 10^6$  – кількість секунд в році;  $q$  - модуль стоку,  $\text{л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ .

*Витрата води  $Q$*  - кількість води, яка протікає через живий переріз річки в одиницю часу; виражається в кубічних метрах за секунду ( $\text{м}^3 / \text{с}$ ).

*Об'єм стоку  $W$*  - кількість води, яка стікає з водозбору за певний проміжок часу (за рік, місяць, добу); виражається в кубічних метрах ( $\text{м}^3$ ) або кубічних кілометрах ( $\text{км}^3$ ).

Коефіцієнт стоку - відношення шару стоку  $Y$  з певної площі за деякий проміжок часу до шару опадів  $X$ , що випали на цю площу за той же проміжок часу.

*Середньорічний стік, або норма річного стоку річок, визначається* за даними безпосередніх обчислень витрат води і подається в  $\text{м}^3 / \text{с}$ . Щоб отримати величину стоку (водних ресурсів) за рік, потрібно одержане значення норми річного стоку помножити на кількість секунд в році, тобто:

$$W = Q_{\text{сер}} \times T,$$

де  $W$  - величина стоку за рік,  $\text{м}^3$ ;

$Q_{\text{сер}}$  - середня багаторічна величина річного стоку,  $\text{м}^3 / \text{с}$ ;

$T$  - кількість секунд в році (для середнього року =  $31,54 \times 10^6$  с).





Розраховану таким чином величину водних ресурсів для зручності підрахунків і користування часто подають у кубічних кілометрах (км<sup>3</sup>).

При кількісній оцінці водних ресурсів використовують ще два поняття: **статичні (вікові) запаси і відновлювальні водні ресурси.**

Кількість завислих наносів, що проходять в одну секунду крізь поперечний переріз русла, називається витратою наносів (кг/с). Сумарна кількість перенесених річкою наносів за деякий проміжок часу (місяць, рік тощо) називається стоком наносів (твердим стоком річок), вимірюється у тонах.

### **Чинники формування стоку.**

Стік річок формується під впливом складної взаємодії фізико-географічних чинників, які поділяються на дві групи: кліматичні та підстильної поверхні.

До *основних кліматичних чинників* відносяться атмосферні опади, випаровування, температура повітря та ґрунту, вологість повітря, швидкість вітру. До *чинників підстильної поверхні* слід віднести геологічну будову, рельєф, ґрунти, рослинність, озерність, заболоченість.

Визначальний вплив на формування стоку річок мають кліматичні чинники – опади та випаровування. Для будь-якого водозбору чим більше опадів і менш випаровування, тим більший стік річок; при незначних опадах і більшому випаровуванні стік річок незначний або відсутній.

Стік річки залежить не лише від кількості опадів, а також від їхнього розподілу у часі. У весняний період танення снігу зумовлює виникнення водопілля, а внаслідок інфільтрації талих вод відбувається посилене живлення підземних вод. Процес формування дощових паводків визначається співвідношенням інтенсивності дощу, площі його розподілу, умов увібрання води ґрунтами, а також затримування води в озерних котловинах та інших пониженнях рельєфу. Якщо опади випадають влітку, їх значна частка випаровується й інфільтрується у ґрунт.

Випаровування з поверхні річкового водозбору складається з випаровування з поверхні водойм і ґрунту, а також транспірації. Випаровування визначається кліматичними факторами – опадами її температурою, складом ґрунтів, рослинністю тощо.

На процеси стоку впливає і температура повітря. З температурним режимом пов'язані процеси танення снігу, замерзання та скресання водойм, умови протікання води у руслах річок, випаровування тощо.

Вплив кліматичних чинників на формування стоку річок залежить від чинників підстильної поверхні, що зумовлюють втрати стоку та умови стікання води.

Геологічна будова і ґрунти зумовлюють інтенсивність просочування атмосферних опадів та істотно впливають на формування поверхневого і підземного стоку. Процеси інфільтрації опадів відбуваються інтенсивно у басейнах річок, складених водопроникними породами, вони акумулюють вологу і витрачають її для рівномірного живлення річок. Якщо русло не досягає водоносного горизонту, то живлення річок відбувається тільки за рахунок поверхневого стоку.

Близьке залягання водопроникних порід зумовлює процес заболочування; наявність карсту значно змінює гідрологічний режим річок.

Рельєф поверхні водозбору впливає на кількість, характер і розподіл опадів по території, температуру повітря та умови стікання води по поверхні. Вплив його на кількість атмосферних опадів виявляється в тому, що з підвищенням місцевості над рівнем моря до певної висоти кількість опадів збільшується. Ця закономірність добре простежується у гірських районах. Рельєф поверхні водозбору визначає нахил та густоту річкової мережі, а також впливає на стік за рахунок зміни швидкості течії води, відповідно з чим змінюються втрати стоку на випаровування та інфільтрацію. За інших однакових умов у басейнах з високими формами рельєфу хвиля весняного водопілля є більш різкою, а загальна тривалість водопілля буде

	<p style="text-align: center;">Система менеджменту якості  <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b>  навчальної дисципліни  «Гідрологія»</p>	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 36 з 114	

меншою, ніж у випадках плоского рельєфу, коли формується полога та розтягнута хвиля водопілля.

Вплив лісу на формування стоку має складний характер. З одного боку, ліс збільшує кількість горизонтальних опадів, внаслідок відмінності динамічної шорсткості лісних та безлісних територій. З іншого боку, ліс кронами дерев затримує частку опадів, яка потім випаровується. Ліс також сповільнює танення снігу, що спричиняє зниження максимальних витрат води та збільшення тривалості водопілля порівняно з менш залісеними територіями. Внаслідок високої інфільтраційної спроможності лісові ґрунти сприяють переходу поверхневого стоку у підземний. Тому внутрішньорічний розподіл стоку річок залісених водозборів має більш згладжений характер порівняно з безлісними.

Інша рослинність на водозборах затримує стікання води, що збільшує інфільтрацію вологи у ґрунтах. З іншого боку, з ґрунтів, покритих рослинністю, витрачається більше вологи на випаровування та транспірацію, ніж з території без рослинності.

Вплив озер на режим стоку проявляється неоднаково на різних річках. Стік річок, які протікають крізь озера, знижується внаслідок підвищеного випаровування з водної поверхні. Завдяки акумуляції води в озерах у багатоводні періоди та спрацювання її у маловодні, відбувається вирівнювання стоку річок у часі. Міра впливу озер на внутрішньорічний розподіл стоку залежить від місцеположення озер на водозборі. Озера у верхів'ях річок створюють менший вирівнюючий ефект, ніж озера, що розташовані у нижній течії річок.

Наявність боліт зумовлює зниження піку та зростання тривалості весняного водопілля, а також зниження дощових літніх паводків. При цьому зниження піку водопілля відбувається внаслідок сповільненого стоку, значних розливів і витрат вологи з поверхні боліт на випаровування.

### ***Внутрішньорічний розподіл стоку***

Розподіл стоку протягом року (по сезонах, місяцях, декадах) відображує характерні особливості водного режиму річок і залежить від джерел живлення і зміни співвідношення складових водного балансу протягом року.

Основним чинником внутрішньорічного розподілу стоку є кліматичні умови: опади, випаровування, температура повітря та їхній розподіл протягом року. Наприклад, великі снігозапаси визначають і високі шари весняної повені, мале випаровування влітку сприяє високому стоку межені за рахунок дощів. Якщо опади випадають у рідкому стані, то внутрішньорічний розподіл стоку визначається режимом опадів та умовами, які сприяють формуванню стоку: спроможність ґрунтів поглинати вологу, що залежить від фізичних властивостей ґрунтів і їх зволоженості, пов'язаної з температурним режимом повітря.

Температурний режим у зимовий період визначає глибину промерзання ґрунтів, перемерзання ґрунтового живлення, зимову межень та перемерзання річок.

Зміна внутрішньорічного розподілу стоку залежить від широтної зміни кліматичних умов. Лісистість, заболоченість, ґрунтовий покрив і озерність теж підлягають кліматичній зональності, тому розподіл стоку річок у часі або форма гідрографів відображає комплекс фізикогеографічних умов, характерних для певної ландшафтної зони. Найбільший вплив на перерозподіл річкового стоку протягом року справляють озера, які затримують надлишок стоку в період водопілля та дощових паводків, за рахунок чого збільшують меженний стік річок.

Регулюючий вплив озер залежить від їх розміру та розташування в басейні річки.

Регулююча здатність озер збільшується з їх глибиною і зменшується з віддаленістю озера вгору за течією від замикального створу. Проточні озера сприяють рівномірності стоку протягом року. Аналогічно озерам регулюючий вплив на стік мають заплава, які затоплюються



	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 37 з 114	

в період водопілля і затримують частку стоку, який потім повільно надходить в річку. В результаті цього відбувається перерозподіл стоку із періоду водопілля у літню межень.

Болота також сприяють більш рівномірному розподілу стоку протягом року в залежності від типу болота та його гідрологічного режиму. На заплавах болот, які мають плоский рельєф, значні об'єми води акумулюються у період водопілля, а потім повільно надходять у руслову мережу. На зниження літніх паводків основний вплив має поглинальна здатність торф'яників, у яких вологість менша ніж навесні. У більшості заболочених річок спостерігається зниження витрат води під час водопілля та дощових паводків, але у період межені може не спостерігатися збільшення стоку за рахунок великого випаровування з поверхні боліт.

Геологічні умови: склад гірських порід і умови їх залягання чинять великий вплив на режим підземного стоку, який є значною часткою живлення річок. В зимовий період більшість річок переходять на ґрунтове живлення. Кількість води, що надходить в підземні шари, залежить від водопроникності порід верхніх шарів землі.

Водопроникні породи сприяють просочуванню та накопиченню води у підземних шарах, яка дуже повільно підземними шляхами надходить у річку. Тому підземний стік вирівнює режим річного стоку протягом року.

Регулюючий вплив на внутрішньорічний розподіл стоку має площа водозбору, його форма, а також напрям течії річки. Зі збільшенням площі водозбору має місце підсумовування стоку з окремих частин басейну, які можуть розрізнятися за умовами внутрішньорічного розподілу стоку, що зумовлює загальне вирівнювання режиму стоку.

Господарська діяльність має значний та різний вплив на зміну внутрішньорічного розподілу стоку. Більшість комплексів водогосподарських об'єктів передбачають регулювання стоку річок і водного балансу басейну. Регулятором стоку виступають водосховища сезонного та багаторічного регулювання.

## Лекція № 7

### **Основні закономірності гідрохімічного та гідробіологічного режиму річок.**

#### **План лекції**

1. Основні риси гідрохімічного та гідробіологічного режиму річок.
2. Оцінка екологічного стану водних об'єктів.
3. Біологічні особливості водних об'єктів.

#### **Література:**

1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничо- поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Гопченко Є. Д., Шаменкова О. І. Фізична гідрологія: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2016. 195с.

#### **Зміст лекції**

Річки є найрухомішою частиною гідросфери. У них взаємодія води з ґрунтами, породами, водною біотою тощо відбувається в умовах найбільш вільного та інтенсивного обміну з атмосферою (порівняно з іншими об'єктами гідросфери). До основних особливостей річок, від яких залежить хімічний склад річкової води та її гідрохімічний режим, належать:

- 1) швидке змінення води в руслі, у результаті чого вона взаємодіє з породами протягом обмеженого часу і випаровується незначно;



- 2) формування складу води в поверхневих шарах земної кори;
- 3) сильна залежність водного режиму від кліматичних і погодних умов;
- 4) добра взаємодія води з атмосферним повітрям;
- 5) інтенсивний вплив на воду рослинних і тваринних організмів.

Річкові води відрізняються малою порівняно з іншими водними об'єктами мінералізацією води, швидкою мінливістю складу під дією гідрометеорологічних факторів і постійною присутністю у воді газів атмосферного походження.

Крім зазначених чинників, формування складу води річок залежить і від процесів, які проходять на водозбірній площі, умов взаємодії з підстильною поверхнею, умов формування ґрунтово-поверхневих або ґрунтових вод тощо. За класифікацією О.Алекіна всі природні води нашої планети поділяються на три класи: гідрокарбонатні (С), сульфатні (S) і хлоридні (Cl). Води більшості річок, у тому числі України, належать до гідрокарбонатного класу.

Загалом мінералізація річкових вод, концентрації окремих головних іонів, їх співвідношення залежать від характеру живлення річки. У період переважаючого живлення дощовими і талими водами в річках мінералізація найменша. У межень, коли в живленні річок значну роль відіграють підземні води, мінералізація води підвищується, інколи суттєво. Значною мірою на величини мінералізації річкових вод впливає тип ґрунтів у басейні річки. З переходом від північних болотистоторф'янистих і підзолистих ґрунтів до південних чорноземів мінералізація дощових і талих вод на водозбірній площі збільшується, і разом із цим підвищується вміст розчинених солей у річковій воді.

У межах рівнинної частини України зазначена вище гідрохімічна зональність спостерігається незалежно від напрямку течії річок і добре узгоджується з межами фізико-географічних зон. У зоні мішаних лісів поширені прісні гідрокарбонатні кальцієві води, у західних областях лісостепової зони – прісні гідрокарбонатні кальцієві, які з просуванням на схід поступово переходять у гідрокарбонатні кальцієвомагнієво-натрієві. На межі зі степовою зоною в їх складі переважають сульфати. Для степової зони характерні сульфатно-хлоридні води змішаного катіонного складу.

У великих річках – Дніпрі, Південному Бузі, Дністрі, Сіверському Дінці – також спостерігається чітка гідрохімічна зональність, яка полягає в основному у збільшенні за течією концентрацій сульфатів і хлоридів лужних металів. Однак ця зональність майже не узгоджується з межами фізико-географічних зон (на відміну від зональності хімічного складу вод місцевого стоку).

У гірських країнах зазначеної зональності практично немає, води річок є прісними гідрокарбонатними кальцієвими на всьому протязі річки.

Коливання мінералізації і концентрацій основних компонентів хімічного складу річкових вод, тобто **гідрохімічний режим річок**, має добре виражений сезонний характер. На формування гідрохімічного режиму річок щонайперше впливають фізико-географічні чинники, від яких залежить характер живлення річки (снігове, дощове, льодовикове, підземне). Гідрохімічний режим річки, як правило, тісно пов'язаний з її водним режимом.

У створі річки в певні періоди року навіть при однаковій витраті присутні води різного походження, співвідношення об'ємів води різних частин басейну неоднакове і змінюється внаслідок розбігу фаз водного режиму в зазначених частинах кожного року по-різному, водний режим річки ускладнюється дощовими паводками тощо.

Слід відзначити, що в багатьох великих річках має місце неоднорідність хімічного складу води, найбільш виражена по довжині річки, меншою мірою – по ширині і рідко по глибині. Це зумовлюється впадінням приток, різним характером живлення річки в окремих частинах її басейну, несинхронними змінами вод різного походження в руслі річки та по її

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 39 з 114	

довжині. Одночасно діють чинники, які вирівнюють зазначену неоднорідність: течія, турбулентність, руслове регулювання тощо.

Неоднорідність складу води особливо помітна в річках, що мають велику довжину і проходять через різні фізико-географічні зони. Як приклад можна навести в Україні річки Дніпро і Південний Буг. У цих річках мінералізація зростає від витoku до гирла, відповідним чином змінюються концентрації інших розчинених речовин (біогенних сполук, органіки, мікроелементів).

Кругообіг води в природі зумовлює рух не лише величезних об'ємів води, а й великої кількості твердої та розчиненої речовини. Головна роль при цьому належить річковому стоку. Маса річкової води в руслі поновлюються приблизно 30 разів протягом року.

*Величина іонного стоку* (сума макрокомпонентів, що виносяться річками з даної території за певний проміжок часу) є найважливішою геохімічною характеристикою, яка описує ерозійні й акумулятивні процеси на земній поверхні. Вона кількісно характеризує основну видаткову частину сольового балансу басейну річки, ерозію ґрунтів і порід, процес вивітрювання, утворення карсту, засолення території. Іонний стік необхідно знати для розрахунку сольового балансу водосховищ. В обміні солей між континентом і океаном основною зв'язною ланкою також є іонний стік, прямим наслідком багатовікової дії якого є потужні товщі морських осадових порід.

Зміни стоку головних іонів викликані зростанням загального антропогенного тиску на довкілля в цілому й особливо на таку динамічну і чутливу до цього тиску природну компоненту, як поверхневі природні води.

Стосовно антропогенної складової іонного стоку слід відзначити, що її розрахунок є одним із способів оцінки забруднення природних вод різних регіонів і окремих територій унаслідок діяльності людини. При цьому зазначена складова іонного стоку (чи стоку біогенних, органічних та інших речовин) розраховується за певний проміжок часу. Порівнюючи величини іонного стоку, які обчислено за даними природного чи відносного гідрохімічного фону, з величинами сучасного іонного стоку, можна оцінити абсолютне й відносне значення антропогенної складової за рахунок  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ .

**Особливості формування біоти річок.** Річки від витoku до гирла проходять довгий шлях, що зумовлює широкий діапазон умов формування різноманітності угруповань гідробіонтів. Виходячи з цього, річки можна поділити на окремі характерні біотопічні ділянки, які поступово переходять одна в одну.

Гідробіонти – це живі істоти (віруси, бактерії, гриби, рослини, тварини), які живуть у воді і своєю сукупністю становлять біоту того чи іншого водного об'єкта. Гідробіонти, які протягом свого життєвого циклу змінюють водне середовище на повітряне, називаються амфібіотичними, наприклад тритони, жаби чи амфібіотичні комахи – бабки, одноденки, мотилі та ін. Кожен біологічний вид на Землі має певну площу поширення – ареал. У межах ареалу вид мешкає на певних ділянках окремих територій або акваторій, які мають прийнятні для нього фізико-хімічні та біологічні умови. Такі місця мешкання називаються біотопами. Сукупність особин одного виду, які мешкають у біотопі, може визначатися як популяція, із популяцій складаються угруповання. Пов'язані між собою енергетичними та хорологічними зв'язками угруповання утворюють біоценоз.

Сукупність гідробіонтів, що живуть у межах або на межі основних фізичних середовищ водойми, утворюють основні екологічні угруповання.

У товщі води виділяємо планктон – організми, що вільно переносяться водними масами (бактерії, водорості, мікроскопічні ракоподібні, личинки риб), та нектон – організми, що активно пересуваються в товщі води (риби, кити, кальмари). На межі субстрат/вода

	Система менеджменту якості НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 40 з 114	

формується бентос та перифітон, (останній заселяє занурені тверді субстрати, у тому числі й антропогенні, такі як буї, корпуси суден та ін.). На межі вода/атмосферне повітря – на і під поверхнею поверхневої плівки відповідно нейстон та плейстон. Основні екологічні угруповання можуть поділятися відповідно до основних груп гідробіонтів.

Наприклад, вирізняють бактеріо-, фіто- та зоопланктон. Основні макробіотопи, які характерні для всіх без винятку водних об'єктів, мають такі визначення: пелагіаль – місце мешкання планктону та нектону та бенталь (перифіталь) і нейсталь – місце мешкання відповідних угруповань. Крім того, для кожного типу водних об'єктів можуть бути виділені свої, притаманні тільки йому, біотопи.

Просторовий розподіл угруповань характеризуються високою мозаїчністю, зумовленою зміною плес та перекатів, а також наявністю придаткової системи. Зі збільшенням розміру річки зменшується кількість привнесених із суходолу органічних речовин та збільшується величина первинної продукції. Великого значення у функціонуванні річкової системи набуває планктон водотоку. На цих ділянках у донних угрупованнях з'являються фільтратори, чисельність та різноманітність збирачів найвищі. Поряд з основними трофічними групами характерна наявність хижаків.

*Особливості основних екологічних угруповань, що мешкають у річках.* Вища водяна рослинність у ритральних біотопах розвинена слабо і представлена в основному гелофітами або повітряно-водними рослинами. Основу рослинного покриву тут становлять осоки, подекуди зустрічається частуха подорожникова, стрілолист та їжача голівка. Ці види також притаманні потамальним біотопам, але до них тут додаються рогіз, очерет та лепешняк, які в низов'ях річок можуть створювати дуже значні масиви заростей – плавні. У потамалі значного розвитку набувають також плейстофіти – рослини з плаваючим на поверхні води листям. На глибинах до 2 м в умовах слабкої течії вегетують такі види, як глечики жовті, латаття біле та рдесник плаваючий. На більших глибинах та при збільшенні швидкості течії основу рослинного покриву складають гідатофіти, або занурені водяні рослини, типовим представниками яких є рдесник пронизанолистий, водопериця колосиста, валіснерія спіральна.

Планктон найбільш представлений у потамальних біотопах, формування його складу і кількісних показників проходить насамперед у старицях, затоках, придатковій системі та на запружених ділянках річок. Швидка течія, турбулентність потоку і висока каламутність є факторами, що обмежують розвиток крупних та колоніальних представників фітопланктону, а також таких зоопланктонів, як веслоногі рачки. При переході від ритральних біотопів до потамалі у фітопланктоні зменшується кількість діатомових водоростей на фоні збільшення хлорококових, евгленофітових і синьозелених. Для річкового зоопланктону найбільш характерною групою є коловертки.

Бентосні угруповання добре розвинені в річках як в ритралі, так і в потамалі, але в цілому від витоків річки до гирла спостерігається деяке збільшення кількісних показників та таксономічного багатства угруповань. Вниз за течією у структурі зообентосу відбувається "випадіння" німф таких комах, як веснянки, які практично не зустрічаються на ділянках, де відбувається відкладення донних наносів, та одноденки, видове багатство яких знижується. У той же час видове багатство личинок хірономід зростає. При переході річки на рівнину в донних відкладах помітне місце займають форми, що можуть закопуватися, – олігохети та двостулкові молюски, які зумовлюють зростання біомаси донних угруповань до кількох сотень грамів на метр квадратний.

Слід також відмітити явище, яке має назву дрефт і дуже характерне саме для річкових екосистем. Фактично одні і ті самі донні організми протягом дуже короткого часу можуть змінювати своє місце існування щодо біотопу, спливаючи та переміщуючись у товщі води за течією річки. Причини, що викликають спливання донних безхребетних та закономірності їх

	<p>Система менеджменту якості  <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b>  навчальної дисципліни  «Гідрологія»</p>	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 41 з 114	

дрейфу по руслу, дуже різноманітні. Можна виділити дрейфт міграційний, який може бути як активним, так і пасивним і має добовий ритм та сезонну періодичність, а також дрейфт уникання, більшою мірою характерний для річок, що підпадають під забруднення. Інтенсивність дрейфу уникання може багаторазово перевищувати інтенсивність дрейфу міграційного.

Сигналом для початку дрейфу повинні слугувати явища, що передують масовому переміщенню наносів по річковому ложу. Це такі процеси, як зміна температури води та гідрохімічних характеристик унаслідок розбавлення дощовими або талими водами, збільшення каламутності змиву (змив частинок ґрунту з водозабірної площі), що передують каламутності розмиву (транспорт матеріалів русла).

Донні безхребетні тварини є дуже добрими біоіндикаторами забруднення води та донних ґрунтів. На використанні структурних показників макрзообентосу базуються дві третини всіх методів біологічних оцінок якості води і загального екологічного стану річкових систем.

Іхтіофауна річок дуже різноманітна і має свої характерні риси в кожному басейні. Для ритрالی характерні форель, харіус, марена, бистрянка, річковий гольян, а для потамалі – лящ, плітка, плоскирка та інші коропові риби.

Серед хижих риб слід відмітити окуня, щуку, судака, сома, чисельність яких зростає в пониззі річок. За характером нерестових і нагульних міграцій риби поділяються на прохідних, напівпрохідних і туводних (жилих).

Прохідні види (різноманітні лососі, більшість осетрових, дунайський оселедець) нагулюються у відкритому морі, а на нерест підіймаються у верхів'я річок.

Напівпрохідні риби теж підіймаються в річки на нерест, але на відміну від прохідних нагулюються в естуаріях або навіть у водосховищах чи руслових озерах. До цього типу належить, наприклад, дніпровська тараня або локальні популяції сома, ляща, сазана, що мешкають у пониззях річок і нагулюються в слабосолоних ділянках моря чи лиманах.

Для туводних риб (лин, плоскирка, щука, окунь та інші) нерестові міграції проходять у межах одного водного об'єкта і, як правило, не дуже протяжні.

Доступні для широкого використання водні ресурси формуються в основному в басейнах Дніпра, Дністра, Сіверського Дінця, Південного і Західного Бугу, Тиси, Прута, а також малих річок Приазов'я та Причорномор'я.

## **Тема № 8**

### **Термічний режим річок та його фактори. Льодовий режим річок**

#### **План лекції**

1. Термічний режим річок.
2. Температурні стратифікації.
3. Тепловий баланс. Тепловий стік.
4. Теплове забруднення.
5. Льодовий режим річок та його фази.
6. Льодостав, його утворення та механізм наростання льодяного покриву.

#### **Література:**





1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничо- поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Гопченко Є. Д., Шаменкова О. І. Фізична гідрологія: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2016. 195с.

### Зміст лекції

#### Термічний режим річок.

Закономірності коливання температури води у річках називаються термічним режимом річок.

Термічний режим річок є наслідком співвідношення надходження і втрати тепла водною масою, які визначають умови встановлення льодоставу та очищення від льоду, випаровування з водної поверхні, біологічну продуктивність, вплив на умови перемішування водних мас, газовий режим тощо.

*Основні чинники* термічного режиму визначають надходження і розподіл тепла у річках, їх можна поділити на метеорологічні, гідравлічні, гідрологічні та морфометричні.

*Метеорологічні* чинники визначають теплообмін між водоймою, атмосферою і ложем, змінюються протягом року, від сезону до сезону, а також протягом сезонів.

*Гідравлічні та гідрологічні* чинники сприяють перетворенню частки механічної енергії на теплову, перерозподілу теплих і холодних вод у водоймі. Ступінь їхнього впливу визначається швидкістю і розподілом течій, характером живлення та водообміну і змінюється за довжиною річки.

*Морфологічні* чинники: характер берегів, розподіл глибин – впливають на умови перемішування і перерозподіл тепла, яке надходить до водойми.

На формування термічного режиму впливає і мінералізація води: при значній мінералізації виникають умови конвективного перемішування у період нагрівання або остигання, через зменшення теплоємності амплітуда добових коливань температури більш значна.

Процес обміну теплом водної маси з навколишнім середовищем відбувається на межі поділу води з атмосферою та ґрунтами. Процес теплообміну здійснюється протягом року зі зміною метеорологічних умов і висоти сонця. У зв'язку зі зміною теплового потоку хід температури води має періодичний характер у вигляді річного термічного циклу. Зміна інтенсивності теплообміну з річною циклічністю має назву річний термічний цикл. На річках коливання метеорологічних умов швидко впливають на температуру води, що пов'язано з інтенсивним турбулентним перемішуванням, течією води і порівняно невеликим її об'ємом. У річному термічному циклі виділяють два періоди – весняно-літнє нагрівання та осінньо-зимове охолодження. Тривалість цих періодів залежить від гідрологічного режиму річки – її водності, типу живлення, напрямку течії.

Хід температури води зазвичай відповідає ходу температури повітря, але зміна температури води відбувається повільніше, ніж температури повітря, завдяки більшій теплоємності води. У першій половині теплого періоду року температура повітря вища за температуру води, а у другій – нижча. Максимум температури води настає дещо пізніше, ніж максимум температури повітря.

Річки, які мають підземне живлення з глибоких горизонтів, у теплий період мають більш стійку температуру води, узимку на таких річках трапляються незамерзаючі ділянки.

На тепловий режим річок також впливає обмін тепла між водою і ложем русла. Влітку спостерігається віддача тепла водою дну річки, а взимку тепло дна річки передається водній масі.





Суттєві зміни у процесі теплообміну виникають з появою льодяного і снігового покривів. Теплообмін з атмосферою різко зменшується: припиняється турбулентний теплообмін і вологообмін з атмосферою та проникнення у воду сонячної енергії; теплообмін між водною масою й атмосферою здійснюється лише шляхом теплопровідності крізь лід і сніг. У зимові місяці за наявності льодяного покриву температура води в річці тримається близько 0°C. Після скресання річки температура води підвищується і досягає свого максимуму в липні-серпні, а потім знижується до мінімуму на початку льодоставу. Середньорічна температура води значно вища від середньорічної температури повітря, бо в річках вода не охолоджується нижче 0°C.

### **Температурна стратифікація**

Внаслідок турбулентного характеру течії у річках спостерігається безперервне перемішування водних мас, що сприяє вирівнюванню температури води за живим перерізом. Різниця температури у різних точках живого перерізу може пов'язуватись з інтенсивним надходженням підземних вод, впливом вод приток, незначним водообміном між поверхневими та глибинними шарами або живленням річки озерними водами. У теплий період року температура води біля берегів дещо вища, ніж на середині річки, а в період осіннього охолодження вода біля берегів і на поверхні холодніша, ніж в середині потоку та біля дна. Взимку при наявності льодяного покриву спостерігається деяке підвищення температури вод від поверхні до дна, що зумовлено з надходженням теплоти з ґрунтовими водами і від дна.

Гідрологічний режим водотоків з високою проточністю характеризується слабо вираженою прямою температурною стратифікацією влітку та відсутністю або зворотним характером її - взимку. Вирішальну роль у характері стратифікації відіграє температура води, що надходить. Незвичайний характер стратифікації полягає у тому, що взимку в проточних водних об'єктах ближче до поверхні підіймається більш тепла вода.

Змінюється температура води і за довжиною річки, причому характер цих змін багато у чому залежить від кліматичних умов, водного живлення, температури води у притоках, наявності в басейні річки озер і льодовиків, а також від напрямку течії (з півночі на південь, з півдня на північ і у широтному напрямі).

Температура води річок, які течуть з півночі на південь, підвищується у напрямку до гирла. Найбільші різниці температури води тут спостерігаються у літньо-осінній період – з серпня по жовтень, коли різниця температури води на окремих ділянках деяких річок, наприклад р. Дніпро, може досягати 9°C.

На річках, які течуть з півдня на північ, температура води поступово знижується. На річках широтного напрямку температура води мало змінюється, крім верхів'їв цих річок. На гірських річках, де у межах невеликих територій спостерігається зміна декількох висотних зон, як правило, температура води підвищується від верхів'я до гирла. Температура води озерних річок пов'язана з температурою того озера, з якого річка бере свій початок.

Напрямок течії річки спричиняє деяку невідповідність термічного режиму та місцевих метеорологічних умов. Річки, які течуть з півночі на південь, в період нагрівання виносять холоднішу воду, а річки зі зворотним напрямом, які перетинають декілька кліматичних зон, у період охолодження виносять теплі води і їхня температура є вищою за температуру повітря.

### **Тепловий баланс**

Теплові процеси у водних потоках зумовлені тепловим балансом. Тепловий баланс – це співвідношення надходження тепла при нагріванні (приходна частина теплового балансу) і витрат його при охолодженні води (витратна частина теплового балансу). Тепловий баланс

	Система менеджменту якості НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 44 з 114	

визначає зміни термічного режиму, кожному періоду річного термічного циклу властиве своє співвідношення складників рівняння теплового балансу.

У тепловому балансі виділяють такі потоки:

1. Теплообмін на поверхні водойми за рахунок поглинення водою (сніговим і льодяним покривом) короткохвильової сонячної радіації (прямої та розсіяної)  $S_{\text{ПР}}$ ; довгохвильового випромінювання води (сніговим, льодяним покривом)  $S_{\text{ВВ}}$ ; поглинення водою (сніговим, льодяним покривом) зустрічного довгохвильового випромінювання атмосфери  $S_{\text{ВА}}$ ; турбулентного обміну теплоти з атмосферою шляхом конвекції, молекулярної та турбулентної теплопровідності (за рахунок різниці температури води і повітря)  $S_{\text{ТА}}$ ; теплообміну при випаровуванні або конденсації  $S_{\text{ВК}}$ ; теплообміну з опадами, які надходять на поверхню води  $S_{\text{ОП}}$ . В перехідні періоди – під час замерзання та скресання – втрати тепла на танення льоду або виділення тепла при льодоутворенні  $S$ .

2. Теплообмін з ложем водойми  $S_{\text{ТД}}$ ; теплообмін з ґрунтовими водами  $S_{\text{ГР}}$ .

3. Інші види надходження – втрат тепла: теплообмін з водами приток  $S_{\text{П}}$  або стоку води за межі водойми  $S_{\text{СТ}}$ ; тепло, виділене за рахунок переходу механічної енергії в теплову при переміщенні води у водоймі (розсіювання кінетичної енергії потоку)  $S_{\text{КЕ}}$ .

**Тепловий стік** річки залежить від температури води та водності річки і змінюється в залежності від сезону і гідрологічного режиму. Зміни теплового стоку за довжиною річки зумовлені напрямом течії та будовою гідрографічної мережі. Різкі зміни спостерігаються у місцях впадіння приток. Велике значення має напрям течії річок, якщо річки течуть з півдня на північ, то вони виносять значну кількість теплоти, змінюють льодові умови на місцях впадіння і впливають на кліматичні умови у долинах річок.

Особливо великий вплив тепловий стік річок має на формування льодово-термічного режиму нижніх б'єфів ГЕС. Тепловий стік з водосховища у період льодоставу спричиняє формування ополонки, які накопичують внутрішньоводний лід, що при різкому охолодженні призводить до появи зажорів. Регулюючи тепловий стік з водосховища, можна зменшити небезпеку виникнення зажорів.

Разом із водами річок в океани, моря та озера виноситься й тепло. Кількість теплоти, яка переноситься річковими водами за певний інтервал часу, називається **тепловим стоком**. Його можна розрахувати за формулою

$$W_T = C_p \rho t w,$$

де  $W_T$  – тепловий стік, Дж, за проміжок часу  $\Delta t$ ,  $C_p$  – питома теплоємність води,  $\rho$  – густина води,  $t$  – середня температура води,  $w$  – стік (об'єм) води,  $\text{м}^3$ , за той же проміжок часу  $\Delta t$ .

Температура води річок є показником, який впливає на деякі особливості їхнього гідрологічного режиму і можливості народногосподарського використання. Зокрема з температурою води пов'язані льодові явища, хімічні і біологічні процеси (від температури води залежить, наприклад, розчинність газів, швидкість перебігу багатьох хімічних реакцій, життєдіяльність організмів тощо), перенесення завислих наносів потоком (гідралічна крупність дрібних часток залежить від в'язкості, а остання, у свою чергу, – від температури води). Температура води визначає, поряд із мінералізацією і хімічним складом розчинених у ній речовин, якість води. Нарешті, температура води є важливим показником при використанні її в побуті (для пиття, купання) і народному господарстві (зрошення, охолодження установок тощо).

### Льодовий режим річок та його фази



Льодовий режим річок – це сукупність закономірно повторюваних процесів виникнення, розвитку та руйнування льодяних утворень.

У льодовому режимі річок виділяється три фази – стадії розвитку:

- замерзання – утворення льодяного покриву;
- льодостав – наявність льодяного покриву;
- скресання – руйнування льодяного покриву.

Замерзання річок – перша фаза льодового режиму. Появі льоду на річках передують швидке охолодження води за від'ємного теплового балансу. З моменту охолодження поверхні води до 0°C починається процес льодоутворення, розвиток якого залежить від подальшого ходу теплообміну водної поверхні з атмосферою і нижче розташованими шарами води.

Первинні льодяні утворення на річках – *сало* – спостерігаються з моменту переохолодження поверхневого шару води. Утворені у воді при її замерзанні кристали мають вигляд плям або суцільного шару.

*Забереги* – смуги льоду, що примерзли до берегів річки, коли основна частина водного простору ще не замерзла. Швидкість наростання ширини заберегів залежить від метеоумов, швидкості течії, глибини біля крайки заберегів, коливання рівня води тощо.

*Сніжура (сніжниця)* – плаваючий у воді у вигляді кашоподібної маси сніг; утворюється при випаданні значної кількості снігу на охолоджену водну поверхню.

На багатьох річках перед початком льодоставу утворюється внутрішньоводний лід – непрозора губчаста льодова маса, що складається з хаотично зрослих між собою кристаликів льоду. Основною умовою утворення внутрішньоводного льоду є переохолодження річкової води і наявність у ній ядер кристалізації (кристаликів льоду, завислих мінеральних частинок тощо). Внутрішньоводний лід, який утворюється на нерівностях дна річки, називається донним льодом. Зазвичай він утворюється на кам'янистих ділянках дна річки при великих швидкостях течії.

*Шуга* – внутрішньоводний лід, який спливає на поверхню у вигляді пластівців, грудок, килимів. *Донний лід* – внутрішньоводний лід, що утворюється на дні річки. Донний лід спливає на поверхню, коли сила зважування стає достатньою, щоб відірвати його від дна. Утворення внутрішньоводного льоду припиняється з моменту встановлення на річці суцільного льодяного покриву, який перешкоджає переохолодженню води. Шуга рухається разом з водним потоком і часто створює шугохід. Може бути у спокійному стані під льодяним покривом, тобто у вигляді підлідної шуги.

На річках може утворюватись *зажор* – скупчення шуги у руслі річки, яке спричиняє стиснення водного перерізу і пов'язане з ним підвищення рівня води.

*Льодохід* – рух льоду (крижин) на річках. Розрізняють осінній і весняний льодохід. Осінній льодохід являє собою переміщення по річках льоду, що утворився при замерзанні відірваних заберегів, сала, шуги. На великих рівнинних річках льодохід спостерігається щорічно і проходить відносно спокійно; на середніх, а також на гірських річках із малою водністю осінній льодохід буває рідко. На окремих ділянках річок (круті повороти, звуження русла), де пропускна здатність русла не відповідає кількості льоду, що пересувається, він накопичується, внаслідок чого утворюються *затори*, які спричиняють порівняно невелике підвищення рівнів води (через малу водність річок у цей період).

### **Льодостав, його утворення та механізм наростання льодяного покриву.**

*Льодостав* – період, протягом якого на річках та інших водних об'єктах стоїть нерухомий льодовий покрив; льодоставом називають також процес утворення суцільного льодового покриву на поверхні річки тощо. На річках України в зоні мішаних лісів льодостав настає наприкінці листопада – у другій декаді грудня, південніше, в степовій зоні – наприкінці

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 46 з 114	

грудня. На річках Карпат льодостав утворюється наприкінці грудня – в першій декаді січня, причому він нестійкий, що пояснюється великими швидкостями течії гірських річок, а тому тут не буває суцільного льодового покриву. Тривалість льодоставу на річках Карпат – 50–90 днів, у південних районах республіки – 60–90, у центральних – 70–100, північних – 90–120, у північно-східних – 120–130 днів. Закінчується льодостав скресанням водних об'єктів. Унаслідок частих відлиг у помірній і особливо в теплій зимі спостерігається кілька скресань і льодоставів.

Товщина льоду на початку льодоставу звичайно не перевищує 5–10 см, наприкінці лютого – на початку березня збільшується до 30–60 см, а в суворі зими на річках північного сходу України досягає 80–135 см. Мінімальна товщина річкового льоду, при якій допустимий вихід на нього людей, становить 8 см, причому зимовий лід міцніший за осінній в три рази, а за весняний – в п'ять разів.

У період льодоставу деякі ділянки річок протягом тривалого періоду, а іноді й протягом усієї зими, не замерзають. Такі ділянки називають ополонками або майнами. Вони бувають динамічного і термічного походження. Ополонки динамічного походження виникають на порожистих ділянках річок, а також нижче гребель гідроелектростанцій. Такі ополонки можуть бути місцями виникнення шуги, накопичення якої нижче ополонки спричиняє утворення зажорів. Ополонки термічного походження утворюються в місцях виходу підземних вод або при скиданні підігрітих промислових стічних вод і досягають значних розмірів. Ополонки між льодовими полями називають розводинами.

З настанням весни, після переходу температури повітря через 0 °С у бік підвищення, починається танення снігу та льоду на берегах річок. Тала снігова вода ослаблює лід. Біля берегів під впливом нагрівання ґрунту і стікання талих вод зі схилів, а також із підвищенням рівня води в річці утворюються прибережні смуги чистої води – закраїни.

Унаслідок притоку в річки талих вод рівні води в них швидко підвищуються, льодовий покрив руйнується, і крига може частково рухатись униз і знову зупинятися – відбувається так зване посування льоду (криги). Таких посувань може бути кілька. Місцями в льодовому покриві з'являються промоїни й проталини. При подальшому руйнуванні лід ламається на окремі поля і крижини. Льодові поля та крижини, що плывуть по річці, утворюють весняний льодохід, а річки скресають від льоду.

При весняному льодоході, на відміну від осіннього, можливі значні затори льоду (переважно на крутих поворотах, у звуженнях русел, біля гідротехнічних і інших споруд). Це може викликати затоплення прилеглої місцевості і значні деформації берегів. Інтенсивність льодоходу (густина льоду) оцінюється в балах: на річках – за 10-бальною системою; на озерах і водосховищах – за 3-бальною. Тривалість весняного льодоходу в середньому становить 5–10 днів. На малих річках льодовий покрив часто розтає на місці і весняного льодоходу не буває.

Скресання водних об'єктів в Україні проходить в різні строки і залежить від кліматичних умов, джерел живлення, будови русел річок, динаміки потоку тощо. У зоні мішаних лісів скресання спостерігається в другій-третьій декадах березня, у лісостеповій – у першій-другій декадах березня, у степовій зоні – на початку березня. Річки Карпат скресають наприкінці лютого – на початку березня. На багатьох гірських річках суцільного льодоставу не буває через великі швидкості течії. Скресання річок або їхніх окремих ділянок взимку можливе і в інших районах країни, воно має, як правило, техногенний характер і спостерігається, наприклад, у теплій зимі, біля ГЕС, при скиданні в річки більш теплих стічних вод. Скресання річок весною завершується повним очищенням їх від льодових утворень.



## Лекція № 9

### Гідрологія озер та водосховищ.

#### План лекції

1. Типи озер.
2. Морфологія і морфометрія озер.
3. Водний баланс озер.
4. Коливання рівня води в озерах.
5. Хімічний склад озерних вод.
6. Гідробіологічні характеристики озера.
7. Типи водосховищ. Основні характеристики водосховища.
8. Водосховища та особливості їх гідрологічного режиму.

#### Література:

1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничо- поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Гопченко Є. Д., Шаменкова О. І. Фізична гідрологія: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2016. 195с.

#### Зміст лекції

##### Походження та типи озер

Гідрологія озер та водосховищ є складовою частиною гідрології суші і вивчає походження, поширення, гідрологічний режим та водний баланс цих водних об'єктів.

**Озерами** називають природні водойми, які являють собою западини на земній поверхні різної величини і форми, заповнені водою, постійний поступальний рух якої в певному напрямку в межах улоговини або відсутній, або уповільнений. Отже, *озера належать до водойм з уповільненим водообміном (стоком) і відрізняються від інших водних об'єктів неоднорідністю водної маси.*

Водоймами з уповільненим водообміном є також штучні **водойми-водосховища.**

Однією з основних умов виникнення озера є наявність западини, котловини, улоговини.

Утворення цих понижених форм рельєфу відбувається за рахунок **ендогенних** (внутрішніх) і **екзогенних** (зовнішніх) процесів.

Озера є компонентом **гідросфери**, але не є складовою частиною **Світового океану**. Водні маси в озері оновлюються значно повільніше, на відміну, наприклад, від річок, а наявні в ньому течії не є переважаючим чинником, що визначає його режим.

Завдяки значній тепловій інерції водної маси, великі озера пом'якшують *клімат і температурні показники* прилеглих районів, зменшуючи річні і сезонні коливання метеорологічних елементів.

Форма, розміри і рельєф дна озерних улоговин істотно змінюються при накопиченні донних відкладів. В результаті заростання озер можуть виникати нові форми рельєфу. Озера можуть створювати підпір ґрунтових вод, що призводить до заболочування прилеглих ділянок суходолу.

У результаті безперервного накопичення органічних і мінеральних частинок в озерах утворюються потужні товщі донних відкладів - **сапропель**. Ці відкладення видозмінюються у процесі подальшого розвитку водойми та перетворенні їх у болото або суходіл.

**Озерні улоговини** утворюються під впливом ендогенних (внутрішніх) та екзогенних (зовнішніх) процесів.





Внаслідок *ендогенних процесів* на Землі утворюються великі і глибокі западини. Озера, які виникли в цих западинах, є озерами **тектонічного** та **вулканічного** походження.

Тектонічні озера утворюються в улоговинах, які виникли під впливом тектонічних рухів земної кори (тріщини, скиди, грабени тощо). Вони великі за розмірами, глибокі, мають круті схили ложа (Байкал, Танганьїка, Севан, Каспійське море). Тектонічні озера в основному розташовані в областях великих порушень земної кори.

Вулканічні озера виникають у кратерах згаслих вулканів, серед лавових полів або в долинах річок, перегороджених лавою. Вони поширені в областях давньої або сучасної вулканічної діяльності.

Озера *екзогенного походження* менші за розмірами і глибиною, мають не такі круті схили ложа, як озера тектонічного походження. Вони поділяються на гідрогенні, гляціогенні, еолові, органогенні й антропогенні.

**Гідрогенні озера** можна поділити на водноакумулятивні та водноерозійні. Їхнє походження пов'язане з дією морських, річкових та підземних вод.

До цієї групи озер належать *озера-стариці*, які зустрічаються в долинах річок; *плесові озера*, що являють собою розрізнені плеса пересохлих річок; *дельтові озера*, що утворюються в дельтах великих річок; *лагуни та лимани* морських узбереж, які утворились переважно внаслідок від'єднання від моря заток наносами (характерно для Чорного, Білого, Балтійського морів).

**Карстові озера** утворюються під дією підземних вод. Карстові озера, зокрема, виникають у районах поширення вапняків, гіпсів, доломітів. Улоговини цих озер мають майже правильну овальну або круглу форму і досить значну глибину. Вони виникають переважно внаслідок обвалів у місцях вилуговування порід поверхневими і підземними водами та виникнення карстових воронок, чашоподібних заглибин, полів.

**Суфозійні озера** поширені в степових і лісостепових районах, де підземні води вимивають глинисті частки, які цементують гіпсові породи.

Значна кількість озер утворилась внаслідок дії льодовика. До цієї групи належать *льодовиково-ерозійні озера*, які виникли на кристалічних масивах Скандинавії, Канади або на схилах гір (карові озера) Альп, Кавказу, Паміру, а також *льодовиково-акумулятивні озера* (моренні), що утворилися внаслідок загачування водних потоків моренними відкладами (озера Прибалтики, північного заходу Росії, Полісся).

**Еолові озера** формуються внаслідок дії вітру в міждюнных зниженнях або в улоговинах видування (озера Прибалтики, Казахстану, Середньої Азії).

**Органогенні озера** утворюються на торфових болотах.

**Озера антропогенного походження** – це водосховища і ставки, штучно створені на річках, а також заповнені водою старі вироблені кар'єри, соляні шахти тощо. На відміну від природних озер, **водосховища** мають режим, проміжний між режимом озера та річкового потоку. У них досить чітко виражені односторонні течії, активний водообмін між її окремими шарами води.

З часу утворення озера між його водною масою, улоговиною, басейном і організмами, які його населяють, відбувається взаємодія у вигляді складних механічних, фізико-хімічних та біологічних процесів, що зумовлюють нормальний цикл розвитку озера.

Зовнішній вигляд початкової улоговини змінюється: формується озерне ложе з характерними обрисами. Найбільшою мірою на улоговину впливає **водна маса**. Хвилі руйнують її береги. Продукти руйнування в значній кількості відкладаються тут же на місці й утворюють підводну берегову терасу. Дрібні фракції переносяться в глиб озера та осідають на дно. До механічного впливу водної маси додається її хімічний вплив і вивітрювання гірських





порід. Річки, які впадають в озеро, приносять певну кількість наносів і теж деформують улоговину.

Процеси розвитку озер у різних умовах водообміну та в різних кліматичних зонах можуть уповільнюватися або прискорюватися. За відсутності стоку з озера весь завислий матеріал органічного й неорганічного походження осідає на дно. У проточних озерах частина цих речовин виноситься за їхні межі, що сприяє меншому замуленню. При зниженні рівня води процес замулення і заростання озера посилюється.

Класифікація озер є наслідком того, яким чином з'явилося озерне поглиблення. Найцікавіші - це тектонічні озера, які виникли в результаті розривних горизонтальних або вертикальних рухів земної кори. Згодом тріщина-розрив заповнюється водою. Так утворився сам Байкал, африканські озера Ньяса і Танганьїка. З опусканням частини материкової плити пов'язана поява Каспійського і Аральського морів.

Самим великим безстічним озером на планеті є саме **Каспійське море**. Крім цього, Каспій це і найбільше солоне озеро в світі. Це – саме велике озеро на Землі – називається морем в силу своїх розмірів.

З півночі на південь воно простягається на 1200 км, а його ширина коливається в межах 195-435 км. Озеро має форму, що віддалено нагадує букву «S» і умовно поділяється на Північну частину, Середній і Південний Каспій.

#### **Типи озер.**

##### **Типи озер за розміром $F_{оз}$ (площа) :**

- дуже великі -  $> 1000 \text{ км}^2$  ;
- великі –  $100-1000 \text{ км}^2$ ;
- середні –  $10-100 \text{ км}^2$ ;
- малі -  $<10 \text{ км}^2$ .

##### **Типи озер за водним балансом:**

- стічні;
- безстічні.

##### **Основні морфометричні характеристики озер**

Озера відрізняються між собою за розмірами і формою. Кількісні показники розміру озера виражаються його *морфо метричними характеристиками*, до яких належать:

**довжина, ширина, площа, глибина, об'єм водної маси, порізаність берегової лінії і її довжина.**

**Площа озера  $F_{оз}$**  (поверхня дзеркала води озера) характеризує площу водної поверхні (без островів) і визначається за картою.

**Довжина озера ( $L$ )** – найкоротша відстань між двома найвіддаленішими точками його берегової лінії, заміряна по поверхні озера.

**Ширина озера** може бути найбільшою  $B_{max}$  (найбільший поперечник до лінії довжини озера) і середньою  $B_{сер}$  (середня ширина дорівнює відношенню площі озера до його довжини)

$$B_{сер} = F_{оз} / L$$

**Довжина берегової лінії ( $l$ )** – це довжина урізу води (довжина нульової ізобати).

**Порізаність берегової лінії ( $K$ )** – відношення довжини берегової лінії до довжини кола з площею, яка дорівнює площі озера.

Для визначення **об'єму води** в озері озерну улоговину розбивають на ряд простих фігур (зрізані піраміди) і визначають об'єм води для кожної піраміди, загальний об'єм води дорівнює сумі часткових об'ємів.



**Середня глибина озера ( $h_{сер}$ )** дорівнює відношенню об'єму води в озері до площі дзеркала.

**Максимальна глибина** вимірюється безпосередньо.

**Особливості морфології озер**

**Основними морфологічними елементами озера є:**

- **котловина**, природне пониження земної поверхні різного походження, в межах якого знаходиться озеро;

- **ложе**, безпосередньо зайняте водою.

Важливим елементом озерної котловини є **берегова область**, яка включає в себе берег, узбережжя та берегову відмілину.

Узбережжя та берегову відмілину часто об'єднують в одну зону – **прибережну (літораль)**.

Глибинна область, **або профундаль**, займає найглибшу частину дна, якої не досягає хвилювання.

В межах ложа виділяють **плеса, затоки та бухти**.

**Водний баланс озер**

**Складовими прибуткової частини** водного балансу будь-якого озера є **атмосферні опади, поверхневий стік, конденсація водяної пари на поверхню озера, підземний стік**.

**Складовими витратної частини** водного балансу стічного озера є **поверхневий стік з озера, підземний стік (фільтрація), випаровування з поверхні озера**.

**Структура водного балансу озера** – це співвідношення між різними приходними та витратними складовими рівняння водного балансу.

**Термічний режим озер**

**Типізація температурного розподілу з глибиною:**

- **пряма температурна стратифікація** (збільшення температури води від дна до поверхні);

- **зворотна температурна стратифікація** (зменшення температури води від дна до поверхні);

- **гомотермія** (рівномірний розподіл температури по глибині).

**Льодові явища на озерах**

Температурна класифікація прісноводних озер:

- **полярні (холодні)** з температурою протягом року нижче 4°C з оберненою температурною стратифікацією;

- **тропічні (теплі)** з температурою протягом року вище 4°C з переважанням прямої температурної стратифікації;

- озера в умовах **помірного клімату** з  $t > 4^\circ\text{C}$  та прямою температурною стратифікацією влітку і  $t < 4^\circ\text{C}$  та оберненою температурою стратифікацією взимку.

За характером льодового режиму в залежності від кліматичного режиму озера поділяють на:

- озера, що не мають льодових явищ;

- озера з нестійким льодоставом;

- озера зі стійким льодоставом;

- озера з льодоставом протягом всього року.

**Озерні донні відклади**

**Донні відклади в озерах формуються в результаті:**

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 51 з 114	

- надходження в озеро річкових та еолових наносів і продуктів абразії - **теригенні відклади**;

- накопичення продуктів хімічних реакцій - **хемогенні відклади**;

- відкладення залишків відмерлих живих організмів – **біогенні відклади**.

Біогенні відклади поділяються на:

- мінеральні залишки відмерлих організмів,

- органічні речовини.

Компоненти озерних відкладів, що надходять в озеро ззовні, називають **алоктонними**, а відклади, що утворюються в самому озері - **автохтонними**.

Особливо важливу форму озерних відкладів являють **сапропелі** (гнилий мул) – рештки нижчих рослин і тварин з більш-менш значними домішками мінеральних часток та вищих рослин.

### **Значення та використання озер**

Озера як один із водних об'єктів суші являють собою джерело прісної води. Об'єм води, зосереджений у прісних озерах світу, становить 91 тис. км<sup>3</sup>, у той час коли в руслах річок одночасно міститься лише 2,12 тис. км<sup>3</sup> води.

Озера беруть участь у внутрішньоматериковому вологообміну (а також перенесенні солей, наносів, теплоти тощо). Вагомий вплив озер на річковий стік, на мікроклімат прилеглих територій.

Великі озера використовуються для судноплавства і рибальства.

Цінність становлять озерні відклади, особливо органогенні й хімічні, зокрема, відклади сапропелевої групи (бітумінозні сланцеві глини і вапняки, нафтомістки сланці, діатоміти тощо).

Хімічні відклади озер (кухонна сіль, мірабіліт, сода, калій, натрій, бром тощо) є цінною сировиною для хімічної, фармацевтичної, електрометалургійної промисловості.

Мули мінеральних озер мають високі лікувальні якості і широко застосовуються в бальнеологічних закладах.

Води озер використовуються для водопостачання і зрошення, а також для одержання гідроелектроенергії.

Озера широко використовуються в рекреаційних цілях.

## **Лекція № 10**

### **Гідрологія озер та водосховищ.**

#### **План лекції**

1. Типи озер.
2. Морфологія і морфометрія озер.
3. Водний баланс озер.
4. Коливання рівня води в озерах.
5. Хімічний склад озерних вод.
6. Гідробіологічні характеристики озера.
7. Типи водосховищ. Основні характеристики водосховища.
8. Водосховища та особливості їх гідрологічного режиму.

#### **Література:**

1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 52 з 114	

2. Гопченко Є. Д., Шаменкова О. І. Фізична гідрологія: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2016. 195с.

### Зміст лекції

#### Загальна характеристика водосховищ

Згідно з Водним Кодексом України **водосховище** – це штучна водойма місткістю понад 1 млн.м<sup>3</sup>, збудована для створення запасу води та регулювання її стоку. Штучна водойма місткістю менше 1 млн. м<sup>3</sup> називається **ставком**.

*Першим на Землі було водосховище, створене в стародавньому Єгипті в 2950–2750 рр. до н. е. з греблею Садд-ель-Кафара на р. Ніл.*

Водосховище, як і ставок, утворюється при перегороджуванні русла і заплави річки штучною греблею, тому воно має спільні риси з **річкою** (стік води, проточність, сезонне коливання рівнів води) та з **озером** (уповільнений водообмін, термічне, хімічне і біологічне розшарування водних мас).

Від озер водосховища відрізняються насамперед **гідрологічним режимом**. Спорудження водосховищ розпочинається з різкого масштабного втручання в природний гідрологічний режим річки чи озера, тому водосховища є **складними техногенними об'єктами зі штучно сформованим гідрологічним режимом**.

У гідрології водосховищ - ці штучні водойми розглядаються як такі, що поєднують ознаки озера і річки. Поділ водосховищ на окремі типи може проводитись за географічними положенням, за способом утворення (генетичні ознаки), за морфологічними ознаками (будова ложа), за місцем у річковому басейні, за характером регулювання стоку та іншими ознаками.

За географічним положенням водосховища поділяють на **гірські, передгірні, рівнинні і приморські**. Їх положення в системі форм рельєфу визначає величину підпору (підняття рівня) води у водосховищі стосовно рівня води в річці. Найбільші величини підпору характерні для гірських і передгірних річок, де він може складати кілька сотень метрів (Нурецьке водосховище на р. Вахш в Середній Азії – 300 м).

**Гірські і передгірні** водосховища невеликі за площею та обсягом, висота підпору води – кілька десятків метрів. Призначені ці водойми для акумуляції прісних вод (Крим) або ж для боротьби з повенями (Карпати).

Переважає більшість водосховищ збудована на рівнинних річках, де висота підпору рівня води становить до 50 м. Саме до таких належать водосховища Дніпровського каскаду.

**Рівнинні водосховища** комплексного призначення відзначаються великими площами підтоплення і затоплення прилеглих територій. Значні втрати трансформованих земель, відселення населення, перенесення господарських об'єктів, великі затрати на інженерний захист прибережних територій – характерні проблеми, що виникають на рівнинних водосховищах, тоді як на гірських і передгірних водосховищах вони незначні.

**Приморські водосховища** будують у приморських гирлах річок, які утворюють лимани чи глибокі затоки. Висота підпору на таких водосховищах здебільшого не перевищує 10 м.

Серед проблем приморських водосховищ є такі ж, як і у рівнинних: підтоплення і затоплення прилеглих земель, замулення і заболочення акваторій, а також специфічні: засолення вод і ґрунтів, трансформація або знищення тварин і рослин, пристосованих до існування в солонуватих водах.

**За способом утворення** (заповнення водою) водосховища поділяються на **загатні і наливні**.

**Загатні** утворюються, коли загачується водотік і створюється підпір води. До цього типу належать практично всі водосховища, збудовані на річках України.



**Наливні** водосховища створюють в місцях потреби у воді: у посушливих районах, де природні водні об'єкти відсутні чи дуже засолені, або ж на підвищеннях рельєфу, де необхідно створити штучні резервуари води (водосховища гідроакумулювальних станцій, протипожежні, питні закриті водойми). Улоговини цих водосховищ штучні, а вода до них подається закритими водоводами.

За вихідною морфологією ложа виділяються *долинні* та *улоговинні* водосховища. Долинні утворюються в річкових долинах за рахунок загати водотоку. Улоговинні водосховища утворюються при підпорі води в озері (озерні), або ж вони розташовані в ізольованих западинах, кар'єрах, морських затоках тощо.

На річці може бути збудовано кілька водосховищ, які утворюють каскад і експлуатуються взаємопов'язано за одними правилами.

**За ступенем регулювання річкового стоку** водосховища бувають *багаторічного, сезонного, тижневого і добового* регулювання. Вибір ступеня регулювання визначається ще при проектуванні водосховища залежно від його призначення і співвідношення проектного рівня води у водосховищі та величини стоку води в річці.

Основні **морфометричні характеристики** водосховищ, як і в озері, – це площі поверхні та об'єми води. Площа поверхні водосховища при одному і тому ж об'ємі залежить від форми водосховища, яка може бути округлою (улоговинні водосховища) або витягнутою (долинні).

Площа поверхні та об'єм водосховища відрізняються залежно від рівня води в ньому. Проектом і правилами експлуатації водосховища встановлюються характерні рівні води, що визначають його експлуатаційний режим. Ложе водосховища, всі гідротехнічні споруди в його межах, користування водними, біологічними та іншими ресурсами водосховища визначаються абсолютними відмітками експлуатаційних рівнів води і динамікою переходів від одних рівнів до інших.

### **Водний баланс і гідродинаміка водосховищ**

У гідрологічній і гідротехнічній літературі вживаються терміни *верхній б'єф* і *нижній б'єф* водосховищ, які означають прилеглі до греблі водосховища відповідно верхню і нижню його ділянки. У каскаді нижній б'єф верхнього за течією водосховища одночасно є верхнім б'єфом нижнього водосховища.

**Водний баланс** водосховищ значною мірою визначає їх водний режим. Рівняння водного балансу водосховища має таку ж структуру, як і для озера, але в прибутковій частині цього рівняння головна складова – це притік річкових вод (для окремого чи верхнього в каскаді водосховища), а у видатковій частині – стік води.

Водосховища відрізняються від озер значно більшим водообміном, що зумовлено їх більшою проточністю. Проточність водосховищ тим більша, чим менший їх об'єм. Для Кременчуцького водосховища, період водообміну складає в середньому 85-130 днів, а для Канівського і Дніпровського – 18-20 днів. **Водообмін на дніпровських водосховищах є визначальним фактором нормального функціонування їх екосистем.**

**Гідродинаміка водосховищ** об'єднує коливання рівнів води, хвилювання і течії. У межах мілководних зон, де може рости вища водяна рослинність, гідродинаміка водних мас виступає провідним фактором функціонування їх екосистем.

**Колівання рівнів** води залежать від зміни кількісних характеристик складових частин водного балансу, у першу чергу від режиму наповнення і спрацювання водосховищ, які супроводжуються відповідно зростанням і зниженням рівня води.





На водосховищах, греблі яких обладнані гідроелектростанціями, спостерігаються значні добові коливання рівнів. Це зумовлено нерівномірним режимом роботи ГЕС, які більшу частину року (за винятком періодів передповеневого спрацювання і повені) працюють на покриття пікових навантажень в енергосистемі.

На водосховищах, як і на озерах та морях, часто спостерігаються місцеві коливання рівня води, викликані згінно-нагінними явищами. На Кременчуцькому водосховищі при поздовжніх до осі водойм вітрах згінно-нагінні коливання рівня води можуть досягати 1 м.

### **Гідрофізичні процеси у водосховищах**

Гідрофізичні процеси у водосховищах, як і на озерах та річках, є проявами температурного і льодового режиму води, оптичних властивостей водних мас, динаміки завислих речовин.

**Термічний режим** водосховищ України формується в умовах теплового помірного і досить вологого клімату. На великих водосховищах він схожий на термічний режим озер, а на малих долинних водосховищах – на режим річкових плес. Однак і на великих, і на малих водосховищах термічний режим відзначається нестабільністю і нерівномірністю розподілу температур по водоймі.

Найближчий до озера термічний режим формується у пригреблевих глибоководних зонах профундалі, де слабка проточність, спостерігається температурна стратифікація вод з виникненням одного чи кількох термоклінів. У мілководних зонах літоралі та субліторалі, завдяки хвильовому перемішуванню всієї товщі води, переважає **гомотермія** протягом більшої частини всього періоду.

У водосховищах-охолоджувачах ТЕС і АЕС температура води може підвищуватись вище значень, характерних для природного ходу термічних процесів, що дуже негативно впливає на умови проживання гідробіонтів.

### **Гідрохімічний режим водосховищ**

Гідрохімічний режим водосховища визначається такими чинниками:

- інтенсивністю водообміну;
- характером ґрунтів і рослинністю в зонах затоплення і підтоплення;
- режимом наповнення і спрацювання водосховища;
- амплітудою та інтенсивністю коливань рівнів води.

Важливу роль у формуванні гідрохімічного режиму також відіграють: географічне положення водосховища, його морфологічна будова, положення в каскаді (для каскадних водосховищ), атмосферні опади, антропогенні фактори (забори і скиди води, робота гідроелектростанцій, водний транспорт тощо), внутрішньо водоймові гідрологічні і біогеохімічні процеси.

**Після заповнення водосховища гідрохімічний склад річкових вод трансформується в озерний. Ця трансформація буде виражена тим більше, чим повільніший водообмін у водосховищі.**

У водосховищах, на відміну від річок, з'являються мілководні, інколи застійні зони, в яких може погіршуватись кисневий режим і відбувається накопичення органічних речовин.

### **Гідробіологія водосховищ**

**Основні відмінності водосховищ** від інших водних об'єктів полягають у тому, що особливості біотопів, гідрологічний, а подекуди і термічний режими зумовлені людиною і біота вимушена пристосовуватися до них. Угруповання гідробіонтів водосховищ проходять кілька послідовних етапів у своєму розвитку.



	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 55 з 114	

**Перший етап** становлення гідробіологічного режиму характеризується стрімким розвитком планктонних угруповань.

**Другий етап** характеризується інтенсивним формуванням донних і зменшенням частки планктонних угруповань у біогенному обігу речовини та енергії.

На **третьому етапі** на фоні загального зниження ролі синьо-зелених і деякого підвищення ролі зелених і діатомових водоростей зменшується інтенсивність цвітіння води.

**Четвертий етап** характеризується відносною стабілізацією планктонних і донних угруповань на фоні продовження заболочування мілководь та дестабілізації іхтіофауни. Останнє викликано акумуляційним ефектом водосховищ, що призводить до зростання евтрофування і вторинного забруднення.

#### **Вплив водосховищ на довкілля**

Вплив водосховищ на довкілля проявляється насамперед у зміні параметрів стоку води в тих річкових басейнах, де ці водосховища створені. Водосховища збільшили об'єм вод суші в Україні – на 54-55 км<sup>3</sup> і уповільнили водообмін приблизно у 4-6 разів. Дніпровський каскад водосховищ за обсягом у 14 разів перевищує руслову ємність Дніпра, унаслідок чого його швидкість зменшилась.

Об'єм водосховищ в Україні перевищує середньорічний стік р. Дніпро. Водосховища в більшості випадків використовуються комплексно, що дає можливість одночасно розв'язувати проблеми гідроенергетики, водного транспорту, зрошення, обводнення, осушення, водопостачання, рибного господарства, каналізації, благоустрою.

Але спорудження водосховищ неминуче призводить до зменшення стоку води внаслідок додаткових втрат на випаровування з поверхні водойм, яка за площею в десятки разів перевищує річкову мережу. Водночас водосховища перерозподіляють стік протягом року, роблять його більш рівномірним. За рахунок цього зростає меженний літньо-осінній стік води.

Водосховища змінили термічний і льодовий режим річок: зменшились амплітуди коливання зимових і літніх температур, тривалішим став льодовий період, погіршився кисневий режим води, особливо в зимовий період та в період літньої межени.

Як уже зазначалося, з водосховищами пов'язане руйнування берегів і занесення заток, утворення мілководь із застійним гідрологічним режимом. Спорудження великих водосховищ призводить до затоплення і підтоплення земель та їх заболочування, цвітіння води, погіршення умов проходження риби на нерест, зміни мікрокліматичних умов.

Найбільш суттєвий негативний наслідок спорудження водосховищ – це затоплення земель. Зважаючи на ці недоліки, можна вважати, що період будівництва, принаймні великих рівнинних водосховищ, закінчився, оскільки вони досить складно і неоднозначно впливають і на режим річок, і на природні умови прилеглих територій.

## **Лекція № 11.**

### **Гідрологія боліт**

#### **План лекції**

1. Походження боліт.
2. Типи боліт, їхня будова, морфологія та гідрографія.
3. Живлення та водний баланс боліт. Рух води в болотах.
4. Термічний режим боліт.
5. Вплив боліт на стік річок.
6. Практичне значення боліт.

#### **Література:**



1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничо- поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Гопченко Є. Д., Шаменкова О. І. Фізична гідрологія: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2016. 195с.

## Зміст лекції

### Характеристика боліт.

**Болотом** називають надмірно зволожені території суходолу, на яких сформувався шар торфу понад 30 см. Якщо товщина торфу менша, йдеться про **заболочену місцевість**.

Болота займають 2% площі суходолу й мають особливий рослинний та тваринний світ. Вони переважно утворюються в районах з вологим кліматом там, де неглибоко залягають ґрунтові води.

**Болото** може з'явитися й на місці озера або старицях річок внаслідок їх заростання.

Виділяють два основних види заболочування суші: затоплення і підтоплення території. Затоплення пов'язане з переважанням атмосферних опадів над випаровуванням за відсутності дренажу або з незначним поверхневим стоком в умовах зниженого рельєфу місцевості. Підтоплення території пов'язане з підвищенням рівня ґрунтових вод (після спорудження, наприклад, гребель на річках або внаслідок надмірного зрошення значних територій).

**Загальною ознакою всіх боліт** є недостатня кількість кисню та надлишок вологи. В таких умовах відмерлі рослини повністю не розкладаються. З року в рік вони накопичуються й поступово перетворюються на торф, що являє собою однорідну масу коричневого або чорного кольору. У торфі містять цінні речовини. Тому його використовують, як органічне добриво, паливо.

Ділянка земної поверхні, охоплена болотом у межах одного замкнутого контуру, проведеного по межі залягання торфу, називається болотним масивом. На периферії болотний масив найчастіше переходить у заболочені землі.

Болота поширені на земній кулі в різних кліматичних зонах на більшості континентів. У зоні надмірного зволоження, де кількість атмосферних опадів перевищує випаровування, болота можуть виникати на будь-яких елементах та формах рельєфу: вододілах, схилах і терасах річкових долин, у заплавах річок. Утворення боліт на підвищеннях та западинах у зоні надмірного зволоження є їхньою зональною ознакою.

### Типи боліт, їхня будова, морфологія та гідрографія

Болота прийнято ділити на дві великі групи: заболочені землі (із незначним шаром торфу) і торфові болота. До заболочених земель належать такі типи боліт: торфові болота арктичної тундри, очеретяні та осокові болота лісостепу, засолені болота напівпустелі та пустелі (солончаки), заболочені тропічні ліси тощо. За характером водно-мінерального живлення, формою поверхні і складом рослинності торфові болота поділяються, у свою чергу, на три типи: низинні, верхові і перехідні.

**Низинні болота** поширені у знижених формах рельєфу, на місцях колишніх озер або в заплавах річок. Поверхня цих боліт увігнута або плоска, що зумовлює застійний характер водного режиму. Живляться болота за рахунок атмосферних опадів, стоку поверхневих вод із навколишньої території, річкових вод під час водопілля і паводків, ґрунтових вод. Важливою гідрологічною особливістю низинних боліт є надходження в них зі стоком поверхневих і ґрунтових вод мінеральних біогенних речовин, завдяки чому створюються сприятливі умови для розвитку евтрофної рослинності (чорна вільха, береза, гіпновий зелений мох, осока, очерет, хвощ тощо). Торф низинних боліт багатий на мінеральні солі (його зольність – 6–7 %), що дає можливість використовувати його як добриво. В Україні низинні болота переважають у Поліссі,

	Система менеджменту якості НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 57 з 114	

у заплавах і дельтах великих річок. Останнім часом низинні болота почали утворюватися в зонах підтоплення водосховищ.

**Верхові болота** зустрічаються лише у вологому кліматі і розташовуються на плоских вододілах. Їхня поверхня опукла або плоска, тому живляться такі болота лише за рахунок атмосферних опадів. Верхові болота бідні на мінеральні біогенні речовини, тому до них приурочена невибаглива до умов життя оліготрофна рослинність (сфагновий білий мох, пухівка, журавлина тощо). Торф накопичується в центральній частині болота швидше, ніж на краях, тому болота мають переважно опуклу форму. Торф верхових боліт бідний на мінеральні солі (його зольність менше 4 %), використовується він як паливо та в хімічній промисловості.

Перехідні болота за характером рослинності і ступенем мінералізації вод, які їх живлять, є проміжними між низинними і верховими. Поверхня їх слабоопукла або плоска, мінеральне живлення помірне, яке відповідає вимогам мезотрофних рослин (береза, осоки, сфагнові білі мохи).

Для кожного з трьох типів боліт характерне певне сполучення видів рослинності (біоценозів) із геоморфологічними особливостями окремих частин боліт, відповідно до чого створюються специфічні болотні мікроландшафти.

Стадії розвитку боліт найкраще простежити на прикладі водойми, яка після заростання перетворюється на болото.

Спочатку утворюється низинне болото, багате на мінеральні солі, що сприяє розвитку рослинності. У міру відмирання рослин поверхня болота підвищується, доступ вод, багатих на мінеральні солі, скорочується, і попередня рослинність замінюється на менш вибагливу до умов живлення. З'являється сфагновий мох, характерний для верхового болота, який живиться атмосферними опадами, бідними на мінеральні солі.

З морфологічного боку болота характеризуються формою поверхні, розмірами масивів, похілами поверхні і потужністю торфового шару. Поверхня болота може бути плоскою, увігнутою або опуклою. Характерними елементами рельєфу поверхні болота (точніше мікрорельєфу) є пасма і мочарі, купини та міжкупинні зниження, горби.

*Для болотних масивів характерна наявність внутрішньоболотних водних об'єктів (струмків, річок, озер, мікроозер і трясовин), поєднання яких утворює внутрішньоболотну гідрографічну сітку.*

До болотних водотоків належать струмки та річки. Вони утворилися або до заболочування території, або є вторинними водотоками, які сформувалися в процесі болотоутворення. Усі водотоки покращують дренаж боліт. Струмки та річки витікають із болотних озер або трясовин. Швидкість течії у вторинних водотоків незначна, а витрати води малі. Глибина їх не перевищує 1,5–2,0 м, ширина русла – не більше 10 м.

До болотних водойм належать *озера й мікроозера*. Болотні озера – це відносно значні за площею та об'ємом води утворення. Площа їх може перевищувати 10 км<sup>2</sup>, а глибини досягати 10 м і більше. Поверхня озер чиста або вкрита сплавинами. Мікроозера – це водойми менших розмірів, які зустрічаються великими групами серед заболоченої території. Вони розташовані на схилах болотних масивів, а також у пониженнях рельєфу. Водойми боліт за своїм походженням бувають первинними та вторинними. Перші існували ще до початку утворення болота, інші виникли в процесі заболочування суші та еволюції болота.

Своєрідними водними об'єктами боліт є *трясовини* – перезволожені ділянки болотних масивів, що характеризуються розрідженою торфовою масою, слабою дерниною рослинного покриву та високим рівнем води, яка періодично або постійно перебуває на поверхні. Трясовини розташовуються на плоских ділянках у центральній частині або на схилах болотних масивів. Серед трясовини спостерігаються ділянки відкритої води. Трясовини бувають застійними, із фільтраційним рухом води та проточні.



### ***Живлення та водний баланс боліт. Рух води в болотах.***

Болота живляться атмосферними опадами у вигляді дощу або снігу, поверхневими та ґрунтовими водами, а також водами річок і озер. Залежно від кліматичних факторів, рельєфу території, типу болота, форми його поверхні переважає той або інший вид живлення.

Атмосферні опади випадають безпосередньо на поверхню болота, тому верхові болота живляться в основному за їхній рахунок. Поверхневі води, які стікають із підвищених ділянок, живлять низинні та перехідні болота. Ґрунтові води відіграють велику роль у живленні торф'яних відкладів і є основним джерелом живлення боліт усіх типів. Річкові та озерні води надходять на болота в період стояння високих вод. Цими водами живляться заплавні та притерасові болотні масиви.

Атмосферні, поверхневі й ґрунтові води є *складовими прибуткової частини* водного балансу боліт. У *видатковій частині* його значна частка припадає на сумарне випаровування, менша – на стік із боліт.

Якщо позначити елементи прибуткової частини водного балансу боліт через  $X$  – атмосферні опади,  $Y_{\text{П}}$  – притік поверхневих вод,  $W_{\text{Г}}$  – притік підземних (ґрунтових) вод, а елементи видаткової частини через  $Z$  – випаровування,  $Y'_{\text{П}}$  – відтік поверхневих вод,  $W'_{\text{Г}}$  – підземний відтік, то рівняння водного балансу можна записати в такому вигляді:

$$X + Y_{\text{П}} + W_{\text{Г}} = Z + Y'_{\text{П}} + W'_{\text{Г}} \pm \Delta u ,$$

де за інтервал часу  $\Delta t$  у болоті може відбутися накопичення вологи або її витрачання ( $\pm \Delta u$ ). Для різних типів боліт кількість членів рівняння водного балансу може змінюватись.

Співвідношення складових водного балансу боліт змінюється в часі. Зміна умов живлення боліт спричиняє коливання рівня ґрунтових вод, який знаходиться біля поверхні болота і реагує на зміну складових водного балансу, що визначає водний режим боліт.

***Рух води*** в болотах відбувається залежно від стану, в якому вона перебуває. Переважна частина води – у зв'язаному стані у вигляді внутрішньоклітинної, адсорбованої, хімічно зв'язаної та капілярної вологи. Вільна вода міститься у великих капілярах, порах торфу, а також у руслах болотних струмків, озерцях, трясовинах.

Рух вільної води здійснюється або шляхом фільтрації в рослинному очосі і торфовій масі, або шляхом вільних потоків по поверхні болота. За водопровідністю болотний масив являє собою дуже неоднорідну масу. Верхній його шар, складений живим рослинним покривом і моховим очосом, має набагато вищу водопровідність, ніж основна торфова маса, особливо її нижні шари.

За своїми фізичними властивостями (водопроникність, фільтрація тощо), гідрологічними, гідрохімічними та біохімічними процесами верхній шар болотних масивів істотно відрізняється від усього торф'яного відкладу. Це дає можливість виділити в болотному масиві два основних шари (горизонти): верхній – активний, діяльний та нижній – інертний.

Швидкість руху води у торфовій масі залежить від її водопровідності, показником чого є коефіцієнт фільтрації, який, у свою чергу, залежить від ступеня розкладання торфу. Швидкість фільтрації у верхніх шарах болота може досягати кількох десятків і навіть сотень метрів за добу, тимчасом як в інертному шарі вона становить максимум 6 м за рік. Отже, швидкість стікання води з болотних масивів шляхом фільтрації визначається в основному водопрпускнуою здатністю верхнього шару.

Унаслідок значних величин коефіцієнта фільтрації в діяльному горизонті дощові води, які випадають на болото, не затримуються на його поверхні, а швидко просочуються до рівня ґрунтових вод. Тому вода по поверхні болота, як правило, не стікає. Мала водопроникність торфу, яка зумовлює повільний рух у ньому води, спричиняє те, що деякі типи боліт

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 59 з 114	

поглинають воду і витрачають її значною мірою на випаровування, віддаючи на живлення річок незначну частину.

Висота рівня ґрунтових вод та його коливання залежать від типу болотних мікроландшафтів і рельєфу поверхні болота. Найнижчий рівень ґрунтових вод у лісових болотних мікроландшафтах. Середній рівень ґрунтових вод у знижених елементах рельєфу на 30–40 см нижче поверхні болота. Зі зменшенням висоти та густоти дерев середній рівень ґрунтових вод підвищується, а амплітуда коливань зменшується. На мохових болотах (без деревної рослинності) рівень ґрунтових вод найвищий, а амплітуда коливань протягом року найменша.

**Термічний режим боліт** визначається не тільки кліматичними факторами, але й залежить від водно-теплових властивостей торфу та його верхнього діяльного шару. Торф у природному стані складається з органічного скелета з незначним вмістом мінеральних речовин, води та повітря, тому особливо важливу роль відіграють теплоємність і теплопровідність торфу. Вони залежать від об'ємного співвідношення органічної речовини, води і повітря та їхньої теплоємності. Теплоємність повітря незначна, об'єм сухої речовини в торфі становить лише 7%, і теплоємність її порівняно з теплоємністю води теж невелика. Отже, теплоємність торфу визначається наявністю води в ньому. Чим більший вміст води в торфі, тим більша його теплоємність і тим повільніше він нагрівається й охолоджується.

З глибиною амплітуда коливання температури торф'яного відкладу зменшується. В умовах помірного клімату добовий хід температури в діяльному шарі торфового болота помітний лише до глибини 15–25 см, а сезонні коливання температури спостерігаються до глибини 3,0–3,5 м. На глибинах, що перевищують 35–40 см і 4–5 м, відповідно добова і сезонна зміна температури відсутня.

Добові і сезонні коливання температури в торф'яному болоті менші, ніж у мінеральному ґрунті, вони зменшуються зі збільшенням вологості ґрунту. Безпосередньо на поверхні болота добові коливання температури значні через те, що тут майже відсутня передача тепла на глибину. Максимальні літні температури на поверхні мохових боліт можуть досягати 50 °С, що сприяє підвищеному випаровуванню.

В умовах холодного та помірного клімату болота замерзають через 15–17 днів після переходу температури повітря через нуль, тобто пізніше озер і річок. Болота перехідного типу починають замерзати одночасно із замерзанням мінеральних ґрунтів. Сфагнові болота замерзають пізніше. Глибина промерзання торф'яно-болотної маси – 19–42 см, тобто менша, ніж глибина промерзання мінеральних ґрунтів. Максимальна глибина промерзання торф'яників – 60–65 см.

Відтавання боліт залежить від кліматичних умов, товщини мерзлого ґрунту і снігового покриву, тому його строки будуть різні в окремих болотних мікроландшафтах.

**Вплив боліт на стік річок** має принципове значення для оцінки гідрологічної ролі боліт у природних комплексах та оцінки можливих змін стоку річок при осушувальній меліорації.

Для з'ясування ролі боліт у формуванні стоку річок необхідно виходити як із загальних характеристик гідрологічних властивостей боліт, так і зі специфічних особливостей окремих типів їх. При цьому треба враховувати, в якій кліматичній зоні знаходиться болото.

Загальними властивостями, які характерні для боліт і які впливають на стік, є: підвищена здатність випаровування й транспірації порівняно з навколишньою сушею; малий об'єм води, який бере участь у внутрішньорічному вологообігу, щодо загальної кількості води в болоті; незначна водовіддача в межень як результат різної водопрпускнуої здатності діяльного та інертного шарів торфу. Крім того, на формування стоку з боліт впливають види живлення, неоднакові для різних типів боліт, і різне за величиною випаровування.



	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 60 з 114	

У зв'язку із значним випаровуванням і транспірацією з поверхні на болотах зменшується середня величина стоку: із заболочених територій у річки стікає менше води, ніж із незаболочених земель. Зниження загальної зволоженості території приводить до збільшення відмінностей у випаровуванні з поверхні боліт і незаболочених земель.

Отже, безпосереднім наслідком осушення боліт є зменшення випаровування і відповідно збільшення стоку річок (ця різниця тим більша, чим південніше розташований осушений болотний масив).

У зоні достатнього зволоження збільшення середнього стоку після осушення боліт відбувається внаслідок спрацювання вікових запасів підземних вод, що впливає на зниження рівня ґрунтових вод. Весняний стік після осушення боліт в одних випадках збільшується, в інших зменшується. Болота в цілому не сприяють збільшенню меженного стоку, тому що влітку з них випаровується багато вологи, а при цьому поверхневий стік зменшується.

Таким чином, вплив боліт на стік річок не однозначний. У зоні достатнього та надмірного зволоження болота практично не впливають на норму річного стоку і знижують максимальний стік річок. Болотні масиви, де значні площі зайняті озерами та мікроозерами, сприяють регулюванню стоку річок. За наявності болотних масивів у районах недостатнього зволоження річковий стік зменшується порівняно з незаболоченими водозборами. У цілому осушення боліт сприяє вирівнюванню коливання стоку протягом року.

### ***Практичне значення боліт.***

Болота нагромаджують вологу, регулюють рівень води в колодязях, ставках, озерах. З них беруть початок струмки і річки. Болота зменшують посухи в навколишній місцевості. Над ними формується своєрідний мікроклімат, який разом з водним середовищем, сприяє поширенню багатьох болотних рослин і тварин. Донедавна великі площі боліт в Україні осушувалися. Осушені землі використовуються як пасовища і луки.

Осушення боліт полягає в штучному зниженні рівня ґрунтових вод на болотах, що спричиняє зміни співвідношення елементів водного балансу та перерозподілу стоку. В Україні основні осушувальні роботи проводяться в Поліссі.

Найбільші болотні системи України знаходяться у Поліссі: болотний масив Переброди, Озернянська болотна система на межиріччі Уборті та Перги, Морочно – на межиріччі Стубли і Горині.

В Україні виявлено понад 1600 родовищ торфу на площі близько 500 тис. га, а запаси торфу в них становлять 1.84 млрд. т. Найбільші запаси торфу зосереджені у північній і північно-західній частинах країни.

Осушені болота мають велику цінність для народного господарства, особливо низинні, які використовуються для сільськогосподарського виробництва: розведення садів і сінокоосу, вирощення кормових, зернових та овочевих культур.

Торф широко використовується як паливо у хімічній промисловості (керосин, бітум, бензин, аміак, дьоготь), добриво – у сільському господарстві, як будівельний матеріал тощо.

## **Лекція № 12**

### **Гідрологія підземних вод.**



	Система менеджменту якості НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 61 з 114	

### План лекції

1. Загальні відомості.
2. Фізичні властивості порід.
3. Види води в породах.
4. Фільтраційні властивості порід і рух підземних вод.

### Література:

1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Гопченко Є. Д., Шаменкова О. І. Фізична гідрологія: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2016. 195с.

### Зміст лекції

**Підземні води** – це води, які містяться в товщі земної кори і заповнюють різноманітні пустоти гірських порід. Вони є складовою частиною гідросфери і перебувають у тісному зв'язку шляхом кругообігу з атмосферними та поверхневими водами.

Підземні води зустрічаються на різних глибинах від поверхні Землі до кількох тисяч метрів, причому можуть перебувати в різних фізичних станах: газоподібному (пара), рідкому та твердому (лід). Підземні води мають найрізноманітніші форми накопичення та умови залягання.

У вертикальному розрізі гірських порід виділяються дві гідрофізичні зони: зона аерації та зона насичення. Від поверхні землі до рівня ґрунтових вод поширена зона аерації. Вона характеризується наявністю атмосферного повітря і водяної пари в пустотах гірських порід та частковим заповненням пустот гравітаційною водою (води зони аерації та верховодка). Нижче рівня ґрунтових вод всі пори та тріщини в гірських породах заповнені водою в рідкому та твердому станах (ґрунтові та артезіанські води). Крім того, вода міститься і в мінеральній речовині як її складова частина.

Підземні води мають вертикальну зональність:

1. Зона *активного* водообміну – верхня найбільш активна частина шару зі спадними водами, які мають напрям до місцевого ерозійного врізу річок. Вони відображають змінення режиму атмосфери та ландшафту.

2. Зона *сповільненого* водообміну – середня зона підземного стоку, який має напрям до регіональних врізів і спадного тільки до них, мало реагують на змінення ландшафту та атмосфери.

3. Зона *відносно застійних* вод – нижня зона з висхідним напрямом до ерозійних врізів, не реагують на змінення атмосфери і ландшафту.

Основна маса води (більше 90%), яка надходить у річки у вигляді підземного стоку, відноситься до зони активного водообміну. Води зони сповільненого стоку відіграють суттєву роль у підземному живленні річок з глибоким ерозійним врізом в умовах посушливих областей. Води відносно застійних зон мають значення в місцях багаторічної мерзлоти, де формують стік річок в зимовий період.

Умови залягання підземних вод, їх запаси та якість визначаються водно-фізичними властивостями ґрунтів.

1. *Пористість* – сукупність порожнин: наявність у породах дрібних порожнин – капілярних пор і більш крупних, некапілярних проміжків, щілин різного походження та форми – шпаруватість. Величина пористості  $P$  визначається *коефіцієнтом пористості* – відношенням об'єму пор в даному об'ємі ґрунту до всього об'єму в сухому стані.



2. *Вологомісткість* – кількісна характеристика здатності ґрунту утримувати вологу. Вона визначається в % відношенням об'єму води, яка утримується у ґрунті, до об'єму сухого ґрунту. В залежності від кількості і стану води у ґрунті розрізняють:

- *повну* вологомісткість – найбільша кількість вологи, яку може вміщувати ґрунт за умови повного наповнення вологою всіх пор;

- *капілярну* вологомісткість – найбільша кількість вологи, яка може утримуватися у капілярних порах;

- *найменшу* вологомісткість – кількість вологи, яка міцно утримується в ґрунті після повного вільного стікання гравітаційної води.

3. *Вологість* – вміст води у ґрунтах у вагових чи об'ємних одиницях за певний момент часу. Визначається відношенням (в%) ваги води до ваги мінеральної частини породи.

4. *Водовіддача* – здатність насиченого до повної вологомісткості ґрунту віддавати частину води під дією сили тяжіння. Характеризується коефіцієнтом водовіддачі – відношенням об'єму води, яка стікає, до об'єму ґрунту.

5. *Водопроникність* – здатність ґрунтів пропускати крізь себе воду. Залежить від пористості, розміру і форм пор ґрунту.

6. *Водотривкість* – здатність ґрунтів протистояти розмиванню їх водою. Обумовлюється кількістю та якістю гумусу, складом вбирних катіонів.

**Вода у породах** може знаходитись у таких станах:

1. *Пароподібна* вода утримується у повітрі, який заповнює пори і проміжки між частками ґрунту. Переміщується під дією різниці пружності водяної пари із областей з більшою пружністю до областей з меншою, яка залежить від вологості і температури ґрунту.

2. *Гігроскопічна* вода – це вода, адсорбована частками породи з повітря. Являє собою зв'язану воду на поверхні часток ґрунтів у вигляді окремих молекул або утворює плівку товщиною в одну-дві молекули. Має високу щільність. При відносній вологості повітря у порах, близькій до насичення, вологість породи досягає стану, який називається максимальною гігроскопічністю. Гігроскопічна вода переміщується від одного шару до іншого шляхом переходу у пароподібний стан. При змочуванні водою сухого ґрунту виділяється тепло внаслідок того, що молекули води, пов'язані частками ґрунту переходять у нерухомий стан і витрачають кінетичну енергію. Гігроскопічна вода може відділятися від породи тільки нагріванням.

3. *Плівкова* вода – відноситься до категорії пухкозв'язаної води, рух якої утворюється під дією сил тяжіння і сил молекулярного притягання. Під дією сил тяжіння стікає вертикально вниз, під дією сил молекулярного притягання – переміщується від місць з більшою товщиною плівки до місць з меншою, тобто у напрямі, який не обов'язково співпадає з напрямом дії сил тяжіння.

4. *Капілярна* вода – заповнює відносно дрібні пори ґрунту і утримується та переміщується під впливом капілярних сил від зони більшого зволоження у зону меншого. Зволожена зона над водоносним шаром, вміст вологи в якій визначається дією капілярних сил, називається капілярною. Сила тяжіння води має підпорядковану роль, частково протидіючи капілярному підйому води вверх і сприяючи капілярному переміщенню вниз і по схилу. Розрізняють капілярну воду підперту і підвішену. В першому випадку капіляри у нижній частині прилягають до підземних вод; у другому – капілярна вода може знаходитись тривалий період, при якому переміщення вологи униз не спостерігається, нижче розташовані шари ґрунту мають меншу вологість.

5. *Гравітаційна* або вільна вода – вода в ґрунті чи підґрунті, на яку переважно діють сили тяжіння. Вона заповнює проміжки у ґрунтах при вологості в інтервалі між повною і

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 63 з 114	

найменшою вологомісткостями і під дією сили тяжіння стікає в напрямку схилу. Рух її здійснюється у краплиннорідкому стані.

6. В *твердому* стані вода у ґрунтах зустрічається у вигляді мерзлих ґрунтів або льоду.

### **Лекція № 13**

#### **Гідрологія підземних вод.**

##### **План лекції**

1. Умови залягання підземних вод.
2. Особливості хімічного складу і фізичних властивостей підземних вод.
3. Походження підземних вод та їх розповсюдження.

##### **Література:**

1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничо- поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Гопченко Є. Д., Шаменкова О. І. Фізична гідрологія: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2016. 195с.

##### **Зміст лекції**

###### ***Умови залягання підземних вод.***

При наявності джерел живлення залягання підземних вод у земній корі визначається геологічною будовою місцевості, структурою і літологічним складом гірських порід. Чергування водопроникних і водоупорних порід створює умови для накопичення вільних вод у товщі водопроникних гірських порід, які залягають на водоупорі. Шар ґрунту, який утримує воду в порах, називається водоносним, а водонепроникний шар, підстилаючий водоносний горизонт – водоупором. Товщина шару ґрунту, заповненого водою, називається потужністю водоносного шару. Поверхня підземних вод називається дзеркалом цих вод.

За аналізом процесу формування режиму підземних вод розрізняють: а) ґрунтові води; б) підземні (безнапірні) води; в) артезіанські (напірні) води.

*Ґрунтові води* – підземні води ґрунтової товщі, гідравлічно не зв'язані з нижчерозташованими підземними водами. Зазвичай знаходяться у гігроскопічному стані, плівковому та пароподібному, іноді – у гравітаційному. Якщо ґрунтові води залягають у ґрунтовій товщі, може виникнути рух вод у напрямі схилу, цей рух називають *ґрунтовим стоком*. Тимчасові скупчення краплиннорідкої води в товщі ненасиченої зони над поверхнею окремих шарів зі слабкою проникністю, називаються *верховодкою*.

*Безнапірні підземні води* – вільні гравітаційні води водоносного горизонту, які залягають на водоупорі. Живлення цих вод відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, іноді в їх утворенні беруть участь води інших водоносних горизонтів, інфільтрація поверхневих (річкових, озерних) вод, а також конденсація. Води, що залягають у водопроникних шарах між двома водоупорними шарами, називаються *міжпластовими*. Накопичення підземних вод у пухких уламкових породах називаються *пластовими*, а у тріщинуватих масивних метаморфозних осадових породах – *тріщинно-жильними*.

Площа розподілу безнапірних вод не співпадає з площею їх живлення. Вони формуються на міжріччях, в алювіальних відкладенах річкових долин, в передгірських конусах виносу, міжгірських западинах, в областях карсту. Глибина залягання від десятків метрів до 1-2 м.



Безнапірні міжпластові води знаходяться у водоносних товщах значної потужності, залягають неглибоко, і річкові долини іноді перерізають декілька ярусів міжпластових вод. Вони є сталими джерелами живлення поверхневих водотоків і водойм.

*Напірні води* – води, що знаходяться у водоносному горизонті, розташованому між водоупорними породами і мають гідростатичний напір. Це *артезіанські води* або пластові і жильні. Вони відносяться до геологічних структур осадових порід при відповідному напластуванні водопроникних і водоупорних шарів або до системи тектонічних тріщин.

Артезіанські води при розкритті напірного водоносного горизонту буровою свердловиною під гідростатичним тиском підіймаються вверх, досягають поверхні землі або навіть фонтанують.

*Рух підземних вод* в залежності від розмірів порожнин, по яких переміщується вода, має ламінарний або турбулентний характер. Ламінарний рух спостерігається при фільтрації підземних вод в дрібнозернистих ґрунтах, турбулентний – при переміщенні води у крупних порожнинах і тріщинах.

*Фізичні властивості підземних вод.* До характерних фізичних властивостей підземних вод відносять: температуру, прозорість, колір, запах, смак і присмак, густину, стислість, в'язкість, електропровідність, радіоактивність. В основному вони такі ж, як і в поверхневих вод.

*Хімічні властивості підземних вод.* До основних хімічних властивостей підземних вод відносять мінералізацію, водневий показник (рН), окисно-відновний потенціал (Еh), жорсткість, агресивність. Хімічний склад підземних вод визначається процесами взаємодії між складом гірських порід і динамікою самих вод.

Мінералізація підземних вод змінюється від 100 мг/дм<sup>3</sup> до десятків грам на дм<sup>3</sup>. В зоні надлишкового зволоження формуються прісні підземні води з невеликим вмістом іонів SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> і Cl<sup>-</sup>, в основному – іони Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. У посушливій зоні відбувається накопичення солі з перевагою сульфатних і хлоридних іонів.

Таким чином, залежність формування підземних вод зони активного водообміну від гідрометеорологічних умов визначає як зональність зміни їх складу по території відповідно до зміни клімату, так і сезонні зміни рівня, температури, хімічного складу.

Сукупність змін у часі підземних вод, їх температури, хімічного складу і мінералізації називається режимом підземних вод. Зміна у часі запасів підземних вод залежить головним чином від метеорологічних умов, а також від умов залягання водоносних горизонтів. Найбільші зміни елементів режиму (рівня, температури тощо) спостерігаються у водоносних горизонтах з вільною водною поверхнею, які близько розташовані до поверхні землі.

Основними метеорологічними чинниками, які визначають річний хід, а також короточасні зміни рівня води і величини підземного стоку, є опади та випаровування. Дія атмосферних опадів на підземні води залежить від глибини їх залягання, характеру й інтенсивності опадів, а також від будови ґрунтів. Найбільш сприятливі умови для інфільтрації – при дрібних, тривалих опадах. Снігові запаси в період сніготанення є основним джерелом живлення підземних вод. Втрати підземних вод на випаровування залежать від глибини залягання.

На режим підземних вод впливає будова зони аерації, тобто товщі ґрунтів від поверхні землі до рівня підземних вод. Основними характеристиками цієї зони є:

1) потужність зони аерації, при її збільшенні просочування відбувається більш рівномірно і коливання рівня підземних вод зменшуються;

2) чергування шарів зони аерації з різною водопроникністю і капілярними властивостями;

3) питома водовіддача ґрунту над зоною капілярного підняття, чим вона більша, тим більша амплітуда коливань ґрунтових вод;

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 65 з 114	

4) ступінь зволоженості зони аерації, чим менша вологість, тим менший підйом рівня ґрунтових вод.

Чергування багатоводних і маловодних років зумовлює відповідне коливання рівнів підземних вод у багаторічному періоді. В роки зі значними опадами запаси підземних вод поповнюються, а в маловодні – витрачаються. Підземний стік мало змінюється від року до року. Коливання рівнів підземних вод також пов'язані з відлигами і випадінням значних літніх опадів.

Температура підземних вод, що залягають поблизу поверхні землі і мають переважне живлення атмосферними опадами, залежить від температури повітря. Добові коливання температури проникають до глибини близько 1-2 м, сезонні – до глибини шару з постійною температурою.

Підземні води, які справляють благотворний фізіологічний вплив на організм людини, називаються мінеральними (лікувальними). Цей вплив зумовлюється особливостями фізичних властивостей та хімічного складу води: загальною мінералізацією, іонним складом, вмістом у воді газів, наявністю терапевтично активних мікрокомпонентів, вмістом радіоактивних елементів, органічних сполук, лужністю та кислотністю води, підвищеною температурою.

Мінеральні води можуть використовуватися як для внутрішнього, так і для зовнішнього вживання.

### **Лекція № 14**

#### **Гідрологія льодовиків.**

##### **План лекції**

1. Походження льодовиків та їх поширення.
2. Типи льодовиків та їх значення.
3. Морський лід та його класифікація. Особливості замерзання морської води.
4. Фізичні властивості морської криги. Рух льоду.

##### **Література:**

1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Гопченко Є. Д., Шаменкова О. І. Фізична гідрологія: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2016. 195с.

##### **Зміст лекції**

На певних ділянках земної кулі складається таке співвідношення між кліматичними елементами, при якому середньорічна кількість твердих опадів дорівнює витраті їх на танення та випаровування. Це ділянки рівноваги або нульового балансу прибутку – витрат снігу. Лінія, яка поділяє ділянки (області) з додатним та від'ємним балансом снігу, називається *сніговою лінією*. Коли снігова лінія визначається кліматичними умовами місцевості, вона називається *кліматичною*, а коли ще й місцевими особливостями рельєфу (експозицією та крутістю схилів) – *орографічною*. Нижче снігової лінії витрати снігу перевищують прибуток, тому сніговий покрив там буває періодично. Вище ж снігової лінії прибуток снігу більший за витрати, тому відбувається безперервне накопичення його. Сніг накопичується до певної висоти, нижче якої знову встановлюється рівновага.

**Льодовиком** називаються природні нагромадження льоду та фірну, які мають постійний власний рух, розміщені головним чином на суші й утворені накопиченням і перетворенням твердих атмосферних опадів.





Отже, для існування льодовиків потрібний вологий клімат із від'ємними температурами взимку та влітку. Влітку можуть спостерігатися і плюсові температури, але період із теплою погодою має бути коротким, щоб сніг, який випав, не встиг розтанути.

Периферійні частини гірських масивів одержують більше опадів, ніж центральні, куди повітряні маси надходять уже сухими. Унаслідок цього в центральних частинах гірських масивів снігова лінія лежить вище, ніж на їхніх околицях.

Розвантаження накопиченого снігу відбувається постійно шляхом сповзання утворених льодовиків або сходом лавин.

Сніг, який випадає вище від снігової лінії за наявності сприятливих для його накопичення форм рельєфу, утворює сніжники, в яких він з часом зазнає значних перетворень. Під дією теплоти вдень сніг зверху тоне, а вночі замерзає, утворюючи льодисту кірку, названу *настом*. При цьому відбувається осідання та ущільнення снігу.

Подальші снігопади сприяють накопиченню маси снігу, під вагою яких нижні шари ущільнюються, набувають зернистого складу і перетворюються на фірн. **Фірн** це собою зерниста маса сірувато-білого кольору, щільністю  $300-500 \text{ кг/м}^3$ , залягає у вигляді шарів різної товщини, вона може становити від декількох міліметрів до десятків сантиметрів, розділених льодяними шарами похованого під снігом насту, товщина якого коливається від 1 мм до 50 см. В областях з холодним кліматом, де танення снігу майже не спостерігається, фірн утворюється також шляхом сублімації, тобто за рахунок випаровування льоду і кристалізації водяної пари. Завдяки тиску верхніх шарів фірну на нижні відбувається ущільнення та замерзання зерен, і спресована маса перетворюється на білий, фірновий лід зі щільністю  $850 \text{ кг/м}^3$ . Зі зростанням тиску фірновий лід перетворюється на кристалічний або глетчерний лід блакитного кольору щільністю  $880-910 \text{ кг/м}^3$ .

Зміна кольору та щільності льоду при утворенні льодовиків спричинена елімінуванням (видаленням) з маси льоду пухирців повітря. Зокрема, пухкий (свіжий) сніг містить до 90 % повітря, фірн – 60 %, фірновий лід – 30 %, глетчерний – 15 %, а маса 1 м<sup>3</sup> становить відповідно 92 кг, 367, 642 та 917 кг.

У процесі утворення льодовика важливе значення має режеляція та пластичність льоду. Режеляція (змерзання) – властивість льоду спаюватися в одну загальну глибину внаслідок ствердіння рідкої плівки, яка перебуває між окремими його частинами. При температурі 0°C змерзання відбувається за нормального тиску, а при низьких температурах – за підвищеного. Завдяки режеляції здійснюються зливання льодовикових потоків, запливання в них тріщин тощо.

Пластичністю називається здатність льоду змінювати свою форму без розриву суцільності під впливом безперервно діючої сили. Пластичність зумовлює здатність льодовика текти під дією сили тяжіння.

Чим ближча температура льодовика до точки плавлення (0°C) і чим вищий тиск, під яким він перебуває, тим пластичніший, більш текучий лід.

Зародження льодовиків відбувається в області додатнього снігового балансу. Утворений глетчерний лід, набуваючи руху, досягає снігової лінії та, проходячи її, потрапляє до області від'ємного балансу, де відбувається танення льоду. Отже, в кожному льодовику існує дві області: живлення льодовика або фірнова область, і стоку або язика льодовика. Межа між цими областями називається фірровою лінією.

Рухаються льодовики повільно, але цей рух нагадує рух води в річці, тому льодовик часто називають льодяною річкою. Швидкість руху льодовика коливається в значних межах. Так, льодовики Кавказу рухаються зі швидкістю 10-130 м/рік, Шпіцбергену – 360 м/рік, Паміру та Гімалаїв – 1200-1500 м/рік. Найбільшу швидкість (10-40 м/д) мають льодовики Гренландії.



Під час руху льодовика можуть виникати бокові, поздовжні та поперечні тріщини. Бокові тріщини утворюються внаслідок різниці швидкостей в осьовій та прибережній ділянках льодовика. Ці тріщини напрямлені від країв льодовика вгору під кутом 30-45 °С, якщо льодовик рухається, напрямлення їх змінюється. Поздовжні тріщини виникають у тілі льодовика під час виходу із звуженої частини долини в ширшу. Поява внаслідок розтікання льодовика поперечного напруження сприяє виникненню тріщин, які розходяться у вигляді віяла. Поперечні тріщини утворюються за наявності в лощовині льодовика уступу, розміщеного впоперек долини. Ширина, глибина та довжина тріщини різні. В середніх частинах льодовика поперечні тріщини, звужуючись до низу, зникають, утворюючи на поверхні льодовика шви.

Стікаючи по схилах гір, льодовики за допомогою вмерзлого в них каміння та через нерівність дна виконують велику руйнівну роботу – спричиняють льодовикову ерозію. Наслідком цієї ерозії є утворення специфічного ландшафту «кучерявих скель» (куполоподібних горбів) та «баранячих лобів» (яйцеподібних горбів). Такі форми рельєфу характерні для Скандинавії, Кольського півострова, північної частини Північноамериканського материка, тобто для шляхів руху давніх льодовиків. Змінена льодовиком місцевість характеризується наявністю борозен-жолобів завглибшки до 1 м і більше, шрамами на твердих породах, полірованими скелями тощо. На гірських схилах утворюються *кари* (плоскі заглиблення на крутих схилах) та *льодовикові цирки* (чашоподібні крутостінні ніші). Для льодовикових долин характерна значна зміна похилів і навіть наявність ділянок із зворотним похилом. Долини мають коритоподібну форму з широким плоским дном та крутими схилами. Такі долини називаються *трогами*.

Усі продукти руйнування гірських порід (від найдрібніших часточок пилу до великих кам'яних брил), які потрапили в тіло льодовика, називаються моренами. Морени, які рухаються разом із льодовиком, називаються рухомими, а ті, що припинили рух, – відкладеними. Морени в тілі рухомого льодовика поділяються на поверхневі, внутрішні та донні.

### **Типи льодовиків**

Залежно від морфологічних і динамічних ознак розрізняють материкові та гірські льодовики. Головну роль в ландшафтній оболонці Землі відіграють материкові льодовики або льодовикові щити, прикладом яких можуть бути льодовикові щити Антарктиди та Гренландії. Льодовикові щити характеризуються значними розмірами, плосковипуклої форми, яка не залежить від рельєфу місцевості, похованої під льодовиковим покривом. Накопичування (аккумуляція снігу) відбувається в центрі, витрата (абляція) – на окраїнах. Відповідно до цього і до випуклої форми щитів лід рухається від центра до периферії по розбіжних лініях.

Абляція (зниження кількості води у льодовику за рахунок танення і випаровування снігу і льоду) – спостерігається у вузькій смужі на окраїнах льодовикових щитів. Основним джерелом витрати речовини є обламування їх кінців, які перебувають на плаву в морі. Ці обломки льодовика називаються айсбергами.

Гірські льодовики мають менші розміри, їхня форма визначається льодосховищем. Рух зумовлюється нахилом сховища та спрямований від джерела до кінців язика.

Існує значне число типів гірських льодовиків. До простіших з них відносяться льодовики гірських схилів і вершин; кальдерні, розміщені в кратерах погаслих вулканів; зіркоподібні, утворені за рахунок коротких язиків, що виходять з одного загального фірну, розташованого на вершині гори; карові – перебувають у карах; висячі, розміщені на крутому гірському схилі в неглибоких западинах.

Складнішими є долинні льодовики. Серед них виділяють прості, складні та деревоподібні. Ще складнішими є льодовикові комплекси, які виникають внаслідок з'єднання декількох самостійних льодовиків в області живлення або стоку. Із всіх типів гірських

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 68 з 114	

льодовиків найбільший вплив на живлення річок мають долинні, особливо складні та деревоподібні.

Акумулюючи велику кількість твердих опадів у холодну пору року, льодовики віддають цю законсервовану воду річкам лише влітку. Унаслідок цього річки, у басейнах яких льодовики мають значний розвиток, у теплу пору року відзначаються високою водністю, тимчасом як інші гірські річки, басейни яких не розташовані вище снігової лінії, дуже міліють або зовсім пересихають.

У холодні (вологі) роки льодовиковий матеріал накопичується, а в жаркі (посушливі) – витрачається внаслідок підвищення інтенсивності сніготанення.

Річки з льодовиковим живленням характеризуються літнім водопіллям, яке триває 4,5–6 місяців. Гідрограф стоку цих річок розтягнутий, водопілля ускладнене великими хвилями, які утворюються під час різкого підвищення температури повітря.

Льодовики є важливим джерелом водних ресурсів, особливо в районах зрошуваного землеробства. Об'єм талих вод льодовиків Середньої Азії, наприклад, достатній для зрошення половини посівних площ усього регіону.

Льодовики є сховищами найчистіших прісних вод. У французьких і швейцарських Альпах талі води збираються в спеціальні дериваційні канали під льодовиками і подаються до ГЕС.

Однак, крім користі, льодовики можуть спричинити великі катастрофи. Зокрема, повені та селі, що утворюються при таненні льодовиків, досягають долини, руйнують будівлі і часто призводять до загибелі тварин і людей. Це вказує на необхідність вивчення гідрологічного режиму льодовиків і прогнозування їхнього танення.

*Процеси льодоутворення* в прісній і морській воді проходять неоднаково, оскільки ці води мають різні фізичні та хімічні властивості. Прісна вода спочатку досягає найбільшої густини при 4 °С, а далі замерзає при 0°С. У процесі замерзання морської води велику роль відіграє її солоність. Для морської води солоністю понад 24,7‰ температура найбільшої густини нижча, ніж температура замерзання. Тому до самого моменту замерзання поверхневий шар води важчає, що спричинює інтенсивне перемішування і піднімання тепліших вод на поверхню. Саме це перемішування й утруднює льодоутворення. Щоб почалося замерзання морської води, необхідне охолодження значної її товщі. Друга причина, через яку сповільнюється (порівняно з прісною) замерзання морської води, – низька температура її замерзання. Вже при солоності 24,7‰ температура замерзання становить -1,33 °С, а при солоності 35‰ вона дорівнює -1,9 °С. Крім того, при льодоутворенні внаслідок випадіння солей осолонюється поверхневий шар моря. Останнє спричиняє нове перемішування, а отже й уповільнене наростання льоду.

Товщина льоду зростає поступово. А сам лід, що наростає, має правильну кристалічну структуру і більш прозорий, ніж вище розташовані шари льоду.

Важливою властивістю морського льоду є його солоність. Під солоністю морського льоду розуміють кількість солей в грамах на 1 кг води, одержаної при його розтопюванні. Солоність морського льоду залежить від солоності морської води, з якої він утворився, та швидкості льодоутворення. Чим старіший лід, тим менша його солоність. Солоність морського льоду коливається від 0 до 18‰ при середніх значеннях 3–8‰. Найбільша солоність на початку зими, але в цілому вона в 4–5 разів менша солоності води, з якої утворився лід.

Другою важливою властивістю морського льоду є густина, яка залежить від температури, солоності, пористості льоду, а також від кількості пухирців повітря, що в нього включені. Відносна густина чистого прісного льоду – 0,917. Таким чином, при переході води з рідкого стану в твердий її об'єм збільшується приблизно на 9 %. Відповідно до цього приблизно 0,1 частини такої крижини піднімається над водою, а 0,9 – занурені у воду.



Істотне значення мають механічні властивості льоду. Під механічними властивостями морського льоду розуміють його здатність протистояти впливу зовнішніх сил. Такими силами є пружність, твердість і пластичність.

Механічні властивості морського льоду залежать від його солоності, температури і густини. Морський лід менш міцний, ніж річковий. Вважається, що міцність морського льоду становить 75 % міцності річкового льоду.

За походженням лід океанів і морів поділяється на морський, річковий і материковий (глетчерний). У Північному-Льодовитому океані зустрічаються всі ці види льоду, але найбільше морського. Річковий лід виноситься в море річковими водами, глетчерний утворюється при обламуванні частин льодовиків, а морський – безпосередньо в морі з морської води. Зрозуміло, що в морях, які омивають Антарктиду, річкового льоду не буває.

Є різні стадії розвитку морського льоду за віком: початкові форми, ніласовий (молодий) лід, сірий, білий, однорічний, дворічний, багаторічний (арктичний пак). За характером рухомості лід поділяється на нерухомий і плавучий.

Не зв'язаний із берегом лід, який рухається під дією вітру й течій, називають плавучим або дрейфуючим. У Світовому океані переважає саме ця форма льоду, він поділяється на битий лід (від 2 до 100 м у поперечнику) і льодові поля (0,5 км і більше). Часто на рівній льодовій поверхні в результаті поштовхів або стискування льоду утворюються нагромадження, що складаються з уламків крижин, які називаються *торосами*.

Кількість льоду на поверхні моря оцінюється, як і хмарність, у балах. За 10 балів приймається поверхня, повністю покрита льодом, за 0 балів – чиста вода. Проміжні кількості оцінюються так: 10 % акваторії зайнято льодами – 1 бал, 50 % – 5 балів.

## Лекція № 15

### Рівень океанів і морів

#### План лекції

1. Коливання рівня води під впливом гідрометеорологічних процесів.
2. Хвилювання в океанах і морях.
3. Припливи і відпливи. Течії в океанах і морях.
4. Вітрові хвилі. Цунамі. Стоячі хвилі, сейші

#### Література:

1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребін та ін. – К.: Видавничо- поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Гопченко Є. Д., Шаменкова О. І. Фізична гідрологія: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2016. 195с.

#### Зміст лекції

Поверхня Світового океану повинна мати форму геоїда – фігури, яка дещо відрізняється від правильного еліпсоїда обертання Землі, котрий утворюється силами тяжіння і відцентровою силою добового обертання Землі. Спокійна поверхня океану приймається за основу для відліку висот суші та глибин океану.

**Геоїд** – це уявна поверхня, по відношенню до якої сили тяжіння направлені перпендикулярно в будь-якій точці Землі. В межах акваторій океанів вона співпадає з поверхнею води, яка знаходиться в стані спокою. На суходолі лінія геоїда відхиляється в той або інший бік так, щоб вона залишалася перпендикулярною до напрямку вектора сили земного тяжіння. Іншими словами, *геоїд* – це вирівняна поверхня гравітаційного потенціалу, яка



	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 70 з 114	

співпадає з поверхнею води в океанах, тобто поверхнею «рівня моря» від якої ведеться відлік висотних відміток місцевості.

Реально ж Світовий океан перебуває в безперервному русі, і його поверхня ніколи не залишається спокійною. На неї впливають *гідрометеорологічні процеси, припливи, геодинамічні фактори* (вікові зміни земної кори, підводні землетруси, розломи і зсуви). Коливання рівня води мають різні періоди й амплітуди, що створює величезні труднощі при визначенні положення рівневої поверхні.

Вимірювання, проведені із супутників, дозволили виявити відхилення реальної поверхні океану від теоретичного геоїда на десятки метрів. Але геоїд залишається еквіпотенціальною поверхнею, на якій зберігається однакове значення потенціалу сили тяжіння. Усі деформації рівня відбуваються біля положення рівноваги, тому періодичні і випадкові відхилення можуть бути виключені шляхом осереднення. Тоді залишається тільки вплив постійних факторів.

Коливання рівня під впливом *гідрометеорологічних процесів поділяються на:* спричинені змінами атмосферного тиску; пов'язані з дією повітряних потоків на водну поверхню; такі, що виникли внаслідок нерівномірності в процесі надходження або втрати води (випаровування, опади, річковий стік) та в результаті зміни густини води. Вони бувають періодичними (сейші, вітрові хвилі), напівперіодичними (коливання рівня, спричинені згінно-нагінними явищами мусонних і бризових вітрів) і неперіодичними (коливання рівня внаслідок зміни атмосферного тиску в окремих циклонах і антициклонах, що проходять над морями).

Коливання рівня, спричинені безпосередньо дією вітру, бувають досить значними і досягають іноді 1–2 м. *Згінно-нагінні* зміни рівня можуть бути тимчасовими, сезонними і постійними. Останні особливо характерні для області пасатів. Так, пасати Атлантичного океану безперервно наганяють воду в Карибське море і Мексиканську затоку, а пасати Тихого океану відганяють її від Панамського перешийка. У результаті цього середній рівень океану з боку Атлантики біля Панамського перешийка вищий, ніж із боку Тихоокеанського берега приблизно на 50 см.

Тимчасові коливання рівня можуть бути спричинені також сильними змінами атмосферного тиску і вітрами, пов'язаними з проходженням над морем *баричних систем* (циклонів і антициклонів). Такі підвищення рівня можуть призводити до катастрофічних наслідків.

При вивченні сезонних (внутрішньорічних) коливань рівня користуються величинами *середнього місячного рівня*. Таке осереднення виключає вплив випадкових і короткоперіодичних коливань рівня.

Внутрішньорічні коливання рівня моря невеликі і змінюються в межах 20–30 см. Найбільш високий рівень моря буває влітку, коли всі фактори (зменшення атмосферного тиску, слабкі вітри, високі температури, стік річок весняного водопілля) ведуть до його росту. Взимку всі фактори «працюють» на зниження рівня.

Середні річні рівні виявляються різними, що вказує на існування багаторічних або міжрічних коливань. Ці коливання відображають мінливість такого ж характеру в атмосфері, а їхня природа достовірно ще не встановлена.

Існують і триваліші коливання рівня – *вікові*, які вимірюються періодами в кілька сотень років. Такі коливання вивчені ще менше.

Також є найтриваліші періоди коливання рівня, *періоди геологічного масштабу*, які вимірюються тисячоліттями і мільйонами років.

Вони пов'язані як зі зміною маси води в океані, так і з повільним рухом земної кори. Спричинені переважно зміною об'єму материкових льодовиків та тектонічними процесами і зміною форми та розмірів океанів.



	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 71 з 114	

Рівень моря безперервно змінюється в часі. Усі коливання його відбуваються біля деякого середнього положення, яке являє собою середнє арифметичне з усього ряду спостережень за тривалий час.

Тривалість спостережень для визначення *середнього багаторічного рівня* залежить від особливостей режиму рівня моря. Так, для визначення середнього положення рівня Чорного моря з точністю до  $\pm 1$  см необхідні дані спостережень за 22 роки.

Спостереження за рівнем проводяться за допомогою самописця рівня чи водомірної рейки, причому відліки по рейці беруться в певні строки.

*Середній багаторічний рівень* визначається як середнє арифметичне з усіх відліків рівня за весь період спостережень. Чим довший ряд, тим точніший результат. Спостереження за рівнем Балтійського моря в Кронштадті проводяться з 1835 р., тому для цього пункту середній багаторічний рівень обчислений із точністю  $\pm 0,2$  см. Середні багаторічні рівні моря на одній і тій же паралелі біля західних берегів материків лежать вище, ніж біля східних; (як уже відзначалось, біля берегів Північної Америки рівень Тихого океану лежить вище рівня Атлантичного на 50 см); середній рівень біля Кронштадта на 180 см вищий, ніж біля Владивостока.

Середній багаторічний рівень океану на тихоокеанському та атлантичному узбережжях у *північній півкулі знижується з півночі на південь*. Така ж картина спостерігається на морях атлантичного узбережжя Європи. Так, рівень Балтійського моря біля Кронштадта на 24 см нижчий від рівня Білого моря біля Архангельська.

Середній багаторічний рівень морів, де не буває припливів, приймають за *нуль глибини* для морських карт. Від цього рівня вимірюють глибини морів і висоти суші.

Хвилювання є одним із різновидів *гідродинамічних процесів*, які існують в океані. Незалежно від факторів, якими вони спричинені, хвилі являють собою коливальні рухи рідини в деякому шарі води. У цьому шарі частки води роблять періодичні коливання навколо положення своєї рівноваги.

Морські хвилі бувають: *вітрові*; *припливно-відпливні*, що виникають під дією сил тяжіння Місяця і Сонця; *анемобаричні*, пов'язані з відхиленням поверхні океану від положення рівноваги під дією атмосферного тиску; *сейсмічні* (цунамі), що виникають у результаті тектонічних 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 довжина хвилі менша за глибину моря; у довгих, навпаки, довжина хвилі більша за глибину моря.

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 тяжіння Місяця і Сонця. Наочно це явище спостерігається у вигляді періодичних коливань рівня біля берегів, де відбувається то підвищення рівня – *приплив*, то зниження – *відплив*.

Найвищий рівень води, що спостерігається за добу або половину доби під час припливу, називається *повною водою*.

Найнижчий рівень під час відпливу – *малою водою*.

Різниця цих рівнів називається *величиною припливу*.

*Період припливу* – проміжок часу між двома послідовними повними чи малими водами.



*Вертикальні* коливання рівня води під час припливів і відпливів пов'язані з горизонтальним переміщенням водної маси відносно берега. Ці процеси ускладнюються вітровим нагоном, річковим стоком та іншими чинниками.

*Припливно-відпливні* коливання рівня викликаються спільним впливом притягання Місяця і Сонця. Припливна хвиля як би рухається за Місяцем, роблячи добове обертання навколо Землі. Повна вода настає приблизно в момент проходження Місяця через меридіан даного місця з деяким запізненням, і цей момент називається **кульмінацією Місяця**.

Проміжок часу між кульмінацією Місяця і моментом настання найближчої повної води називається **місячним проміжком**.

Коли Місяць і Сонце перебувають на одній лінії із Землею (*сизигія*), величини припливів найбільші. Коли Місяць і Сонце видно із Землі під прямим кутом (*квадратура*), величини припливів стають найменшими. Перші називають **сизигійними**, другі – **квадратурними**.

Найбільший сизигійний приплив часто не збігається з моментом сизигії. Проміжок часу між сизигією і сизигійним припливом називається **віком припливу**.

У бухтах і вузьких затоках рівень води піднімається під час припливів набагато вище, так як берег перешкоджає руху приливної хвилі і вода накопичується тут протягом всього часу між відливом і приливом.

У внутрішніх морях (наприклад, в Балтійському або Чорному) припливи і відливи майже непомітні, тому що в такі моря не встигають проникнути маси води, що переміщуються разом з океанською приливної хвилею. Але все одно в кожному морі або навіть озері виникають самостійні приливні хвилі з невеликою масою води. Наприклад, висота припливів в Чорному морі досягає лише 10 см.

З наближенням до берегів зменшуються глибини й ускладнюється рельєф дна, тому в прибережних районах характер припливів змінюється. Біля мало порізаних берегів величина припливу не перевищує 3м. У протоках, верхів'ях заток і гирлах річок зустрічаються припливи заввишки більше 6м. Особливо великі припливи спостерігаються в лійкоподібних затоках (Пенжинська губа Охотського моря), де досягають 13м, або в затоці Фанді (східне узбережжя Північної Америки), де досягають максимального значення для Світового океану – 18 м.

Припливотворні сили Сонця зумовлюють виникнення сонячних припливів. Дія сил аналогічна в системі Земля-Місяць. 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 відстань від Землі до Сонця в 400 разів більша, ніж до Місяця, припливотворна сила останнього більша за припливотворну силу 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 напрямку, 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. Течії води можуть мати також періодичний характер, коли вони спричинені дією припливотворних сил Місяця і Сонця (припливно-відпливні течії).

Існує кілька класифікацій морських течій. Основною вважається класифікація течій **за їх походженням**, згідно з якою виділяють:

- **густинні течії**, зумовлені нерівномірним горизонтальним розподілом густини води;
- **вітрові, або дрейфові**, спричинені силою тертя рухомого повітря;



- **припливно-відпливні**, зумовлені дією періодичних припливотворних сил Місяця і Сонця;
- **згінно-нагінні**, 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 течій** поділяються на **постійні, періодичні і тимчасові**.

**Постійні течії** мало змінюють швидкість і напрямок протягом сезону або року. Це пасатні течії всіх океанів, Гольфстрім, Куросіо і деякі інші.

**Періодичні течії** повторюються через однакові проміжки часу в 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 і криволінійні** течії, які, у свою чергу, поділяються на **циклонічні та антициклонічні**.

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

**Види течій.**

У результаті тертя вітру об поверхню моря і частково в результаті тиску вітру на поверхню хвиль виникають **вітрові течії**. При цьому течії, які виникають у 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.

Загальна схема течій у Світовому океані формується, головним чином, під впливом складних процесів взаємодії океану та атмосфери. Сучасні уявлення про океанічні течії сформувалися на підставі багатьох вимірювань під час тривалих спостережень. Загальна схема течій у Світовому океані приблизно відповідає циркуляції нижніх шарів атмосфери. Уся система поверхневих течій - це закономірна зміна кругообігів.

**Вітрові хвилі.**

Діючи на поверхню води, вітер, завдяки тертю об воду, створює дотичну напругу, а також спричинює місцеві коливання тиску повітря. У результаті на поверхні води навіть при швидкості вітру 1 м/с утворюються малі хвилі, висота яких вимірюється міліметрами, а довжина – сантиметрами.

Оскільки існування таких хвиль пов'язане з поверхневим натягом, їх називають **капілярними**. Якщо вітер був короточасним, то утворені ним хвилі по закінченні дії вітру швидко зникають під впливом сили поверхневого натягу. Якщо вітер стійкий, то капілярні хвилі внаслідок інтерференції збільшуються за розмірами, насамперед по довжині. Зростання хвиль приводить до об'єднання їх у групи і видовження до кількох метрів. Хвилі стають **гравітаційними**.

Під впливом вітру порушується симетрія форми хвилі: передній схил стає більш крутим і коротшим, ніж задній.



Часточки води набувають поступальної швидкості і, закінчивши один оберт, повертаються не в точку початку руху, а опиняються дещо попереду в бік розходження хвилі – орбіта не замикається. Ця асиметрія профілю, збільшення крутості переднього схилу може спричинити до зриву гребеня і утворення пінного "баранця". Через те що швидкість вітру часто нерівномірна вздовж фронту (гребеня) хвилі, стає нерівномірною і висота хвилі вздовж гребеня. Хвиля вже не двомірна, а тримірна. Саме такі хвилі трапляються в морі найчастіше.

Розміри тримірних хвиль тим більші, чим сильніший і триваліший вітер, чим більший його розгін, тобто відстань, яку він пробігає над водою. Найбільші хвилі спостерігаються в районах із частими і тривалими штормами. Величезні площі сильного хвилювання розташовані в помірних широтах, які навіть отримали назву «ревучі сорокові».

Великі хвилювання часто трапляються в океанічному кільці південної півкулі, у районах квазістаціонарних атмосферних фронтів.

Найвищі хвилі (34 м) спостерігаються посередині північної частини Тихого океану, найдовші (близько 800 м) – біля південних берегів Британських островів і в екваторіальній частині Атлантичного океану. Великі хвилі спостерігаються також біля південних берегів Африки, де вони стали причиною катастроф багатьох суден. Це так звані хвилі-вбивці, одиночні хвилі заввишки понад 20 м. Але переважна більшість вітрових хвиль не досягає у висоту і 4 м. Вимірювання елементів хвиль пов'язане з великими технічними труднощами. Тому при масових спостереженнях користуються наближеними прийомами для якісної оцінки розмірів хвилювання в балах.

При підході до берега, де глибина зменшується до нуля біля урізу води, змінюється профіль хвилі і напрямок руху хвильового профілю. Відбиваючись від берега, хвиля може утворювати стоячу хвилю, може руйнуватись. В останньому випадку виникає *прибій* (накат) чи *бурун*. Різні варіанти деформації хвилі пов'язані з характером берега і прибережного рельєфу дна.

При похилому дні і незмінній прибережній смузі передній схил хвилі стає крутішим, гребінь доганяє передню підшову і навалюється, утворюючи *прибій*. Гребінь хвилі спрямовується на сушу, виникає *заплеск*. Чим більша хвиля, тим більшу частину берега заливає заплеск.

Якщо дно похиле, а берег крутий і високий, гребінь ударяє в нього і вода скидається вгору (інколи до 60 м), утворюючи *сплеск*. Якщо ж берег крутий, а дно глибоке, може відбуватись відбиття хвиль та інтерференція падаючої і відбитої хвилі, тобто утворення *стоячої хвилі*. Якщо неподалік від урізу води на дні є підвищення (наприклад, рифи), то хвиля, не доходячи до урізу, руйнується й утворює *бурун*.

У деяких районах Світового океану спостерігаються цунамі – одиночні хвилі чи невеликі серії хвиль (у межах десяти) заввишки від десятків сантиметрів до 30–35 м і навіть більше. Найчастіше зустрічається період цих хвиль від 2 до 40 хв, довжина хвилі – від 20 до 400–600 км, швидкість розходження – сотні кілометрів на годину. Ці хвилі виникають у результаті землетрусів на дні океану, зсувів на крутих схилах дна і вулканічних вивержень. Деформації дна піднімають чи опускають усю товщу води на певній обмеженій площі. Деформація доходить до поверхні океану, і від цієї площі починає переміщуватись *довга хвиля* (тобто *така хвиля, довжина якої більша за глибину моря*).

При цьому вся товща води від дна до поверхні приводиться в рух. Висота хвилі поблизу місця зародження буває лише 1–2 м. При багатокілометровій довжині вона зовсім непомітна через мізерну крутість. Судно практично не відчуває хвилі у відкритій акваторії. Лише біля берега хвиля виходить на шельф і на сушу, відбувається сильна деформація хвилі, зростає її висота і вона викочується на сушу гігантським валом.





Слово цунамі складається з японських слів «цу» (що означає гавань, затока) і «намі» (хвиля). Отже, цунамі - це гігантські хвилі, спричинені частіше за все землетрусами або підводними виверженнями вулканів. На великій глибині, далеко від узбережжя, хвилі мають невелику висоту. Але чим ближче вони підкочуються до берега, де глибина океану зменшується, тим вищими стають. Цунамі можуть розвивати швидкість до 800 кілометрів на годину і виростати до кількох десятків метрів.

Велетенські хвилі цунамі можуть атакувати берегову лінію серіями. Перша хвиля не завжди виявляється найпотужнішою. З найбільшою силою вдаряють 2-а, 3-я, 4-а чи навіть пізніші хвилі. Коли хвиля відступає, морське дно буквально оголюється. Відплив може тривати від кількох хвилин до півгодини (чим довше, тим потужною буде наступна хвиля). Але потім вода знову накопчується на берег, несучи із собою купи сміття і уламків, що з'явилися в результаті руйнівної дії попередніх хвиль.

На відміну від поступальних хвиль, при *стоячих хвилях* їхня форма не переміщується від одного місця моря до іншого. При стоячій хвилі підошва чергується з вершиною в одному і тому ж місці, тобто хвиля не переміщується поступально в горизонтальному напрямку. У певних точках стоячих хвиль часточки рідини залишаються нерухомими. Такі точки називаються *вузлами*. Точки, в яких чергуються вершина і підошва хвилі, називаються *пучностями*.

Стоячі хвилі утворюються від накладання поступальних і відбитих хвиль. Останні виникають у результаті відбиття поступальної хвилі перешкодою, розміщеною перпендикулярно до напрямку руху хвилі. При стоячих хвилях коливальні рухи не обов'язково проникають до дна моря. Але існують колювання моря, коли вся маса води даного басейну приходить у рух. Такі хвилі називають *сейшмами*, виникають у замкнених водоймах під впливом різниці атмосферного тиску, сейсмічних явищ, згонів і нагонів води.

## Лекція № 16

### **Заходи щодо раціонального використання й охорони водних ресурсів**

#### **План лекції**

1. Поняття про комплексне, раціональне використання водних ресурсів.
2. Необхідність раціонального використання водних ресурсів.
3. Водні ресурси і водний баланс України.
4. Охорона водних ресурсів.

#### **Література:**

1. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничо- поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.

#### **Зміст лекції**

Хоча Україна має значні сумарні водні ресурси, але вони не повною мірою характеризують її водозабезпеченість, тому що значна їх частина є власністю сусідніх країн.

Отже, *власними водними ресурсами України є місцевий стік річок*, на який можна розраховувати при плануванні водозабезпечення населення та інших водокористувачів.

**Водні ресурси** являють собою стратегічний, життєво важливий природний ресурс, що має особливе значення. Вони є національним багатством кожної країни, однією з природних основ її економічного розвитку. Вони забезпечують усі сфери життя і господарської діяльності людини, визначають можливості розвитку промисловості й сільського господарства, розміщення населених пунктів, організації відпочинку й оздоровлення людей.



	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 76 з 114	

При здійсненні водогосподарської політики в нашій країні впродовж багатьох десятиліть вода ніколи не розглядалася як основа життєзабезпечення природних екосистем і людини, не враховувався і не прогнозувався економічний стан водних систем і їхній вплив на біорізноманіття. **Традиційно вода** розглядалася і використовувалась тільки як господарський ресурс для промислового і сільськогосподарського виробництва, отримання електроенергії, а також для скидання стічних вод, що зрештою і призвело до вичерпання природно-екологічного потенціалу водних ресурсів.

Інтеграція України до Європейського Економічного Співробітництва (ЄЕС) і Світової організації торгівлі (СОТ) передбачає формування та реалізацію збалансованої політики переходу України до сталого розвитку. Екологічні вимоги СОТ передбачають зменшення негативного антропогенного впливу господарської діяльності на навколишнє природне середовище і здоров'я людей. Україна має узгодити свою національну стратегію розвитку з вимогами ЄЕС, СОТ і міжнародними зобов'язаннями зі сталого розвитку загалом та екологічними і водними зокрема.

Міжнародні експерти Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) встановили, що понад 60% захворювань у світі зумовлено вживанням недоброякісної води. Отже сьогодні вода розцінюється не тільки як природний ресурс, вона має яскраво виражену соціальну значимість.

Раціональне використання водних ресурсів – це питання відноситься до найбільш актуальних проблем сьогодення.

Раціональне використання водних ресурсів – це всебічно науково обґрунтоване використання вод, яке забезпечує оптимально корисний ефект для суспільства в поточний період і протягом прийнятого періоду розрахункової перспективи при неодмінному дотриманні всіх Загальна гідрологія 380 вимог водного і природоохоронного законодавства. Раціональне використання водних ресурсів є обов'язком для всіх водокористувачів. Цей принцип повинен забезпечуватись при розміщенні, проектуванні, будівництві і введенні в експлуатацію як нових підприємств, споруд тощо, так і тих, що реконструюються, а також при впровадженні нових технологічних процесів, які впливають на стан вод.

Під *комплексним використанням* водних ресурсів розуміють одночасне, найдоцільніше задоволення потреб у воді відповідних галузей економіки й оптимальне поєднання інтересів усіх водокористувачів. Комплексне використання водних ресурсів має місце, коли одним водним об'єктом користується кілька галузей економіки або один водоспоживач для кількох цілей.

Комплексне використання водних ресурсів не означає однакового задоволення всіх потреб у воді. У більшості випадків при комплексному використанні водних ресурсів деяким видам водозабезпеченості надаються пріоритетні переваги, виходячи з місцевих господарських і природних умов. При цьому потреби населення в питній воді задовольняються в першу чергу, оскільки замінити воду нічим іншим неможливо.

Отже, поняття "раціональне" і "комплексне" використання водних ресурсів не рівнозначні. Комплексне використання є різновидом раціонального використання. В Україні водні ресурси повинні використовуватися раціонально і комплексно. Проте є випадки, коли раціональне використання водних ресурсів може забезпечуватись без комплексності (наприклад, коли водний об'єкт використовується одним споживачем для єдиної мети). Комплексне використання вод, як правило, відсутнє у випадках, коли джерела мінеральних вод використовуються для потреб охорони здоров'я або коли водні об'єкти є заповідниками.

Стратегічна мета управління водними ресурсами за басейновим принципом полягає в забезпеченні басейнової збалансованості розвитку водного господарства, охорони вод і відтворення водних ресурсів на основі узгодженості правових засад і управлінських дій суб'єктів водокористування за басейновим принципом, спрямованих на стале водозабезпечення

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 77 з 114	

населення і галузей економіки, впровадження перспективних технологічних нормативів використання водних ресурсів, запобігання шкідливій дії вод. Одним із напрямів розвитку басейнового управління є створення та забезпечення функціонування такого фінансового механізму, який би гарантував безпосередній зв'язок між платою за водокористування і фінансуванням пріоритетних водоохоронних заходів у межах басейну.

**Основні проблеми** щодо раціонального формування, використання та збереження водних ресурсів України полягають у наступному:

- забрудненні водних об'єктів шкідливими викидами та недостатньо очищених промисловими і комунально-побутовими стічними водами;
- інтенсивному старінні основних фондів водозабезпечуючого і водоохоронного призначення, низькій продуктивності очисних споруд;
- недостатній самовідновлюваній та самоочисній здатності водних систем;
- незбалансованій за водним фактором системі господарювання, що характеризується високими обсягами залучення водних ресурсів у виробничу сферу та високою водомісткістю продукції.

Річки стали забрудненими, спрямленими, мілководними, з поганою якістю води, збідненими рослинами й тваринами.

Раціонального використання водних ресурсів та їх охорони можна досягнути, регулюючи розвиток і розміщення водомістких галузей народного господарства, створюючи такі економічні умови, за яких забруднення поверхневих і підземних вод та їх неекономне використання було б не вигідним. Також, можливо досягти, шляхом оптимального розподілу водних ресурсів як по території, так і між галузями народного господарства та максимально забезпечити кожну з них водою.

Важливо впровадити науково обґрунтовану систему водокористування і водоспоживання, яка, з одного боку, максимально забезпечувала б усі галузі народного господарства водою, а з другого - не допускала таких змін у водних екосистемах, які б у майбутньому могли призвести до їх деградації і виснаження.

Розробити і впровадити методи регулювання стоку з поверхні водозабірних басейнів, штучного поповнення підземних вод і водного режиму ґрунтів:

- комплекс системи водопостачання і каналізації та водоохоронних заходів у масштабах промислових регіонів та цілих річкових басейнів;
- безвідходні та ощадливі технології, переведення промислових підприємств на оборотне водоспоживання, будівництво очисних споруд, застосування нових методів демінералізації шахтних вод;
- еколого-економічну оцінку водних ресурсів, її використання при плануванні водоспоживання, водокористування та здійснення водоохоронних заходів;
- раціональне розміщення продуктивних сил з урахуванням водного фактора, науково обґрунтоване розміщення водомістких галузей народного господарства, уникнення надмірної концентрації промислових підприємств, що споживають велику кількість води, в маловодних і безводних районах.

При оцінці водних ресурсів необхідно враховувати ряд обставин, що ускладнюють використання річкових вод:

- **по-перше**, значні коливання водних ресурсів у часі (маловодні посушливі роки, середньоводні роки), нерівномірність розподілення водних ресурсів по сезонах року;
- **по-друге**, водні ресурси нерівномірно розподілені по території України, наприклад, на одного жителя Закарпатської області припадає майже 7000 м<sup>3</sup> води місцевого стоку, в Херсонській області – лише 123 м<sup>3</sup>.



- *по-третє*, негативним фактором, що обмежує можливості використання наявних водних ресурсів, є погіршення якості води через скидання у водні об'єкти стічних вод.

Щоб стабілізувати екологічний стан, оздоровити, а потім і „відродити” річку, необхідно, крім знання процесів, що відбуваються в її екосистемах, знати основні напрямки впливу господарської діяльності людини на водне середовище.

**Вплив діяльності людини на водні об'єкти відбувається в наступних напрямках:**

- зміна фізико-хімічних параметрів водного середовища;
- надходження надмірної кількості біогенних речовин;
- надходження великої кількості зважених часток;
- надходження значної маси токсичних хімічних сполук;
- надходження і введення в біотичний кругообіг радіоактивних речовин;
- вилучення (забір) великої (понад 10-20%) частки стоку річки.

Заходи щодо охорони водних ресурсів поділяються на:

**Правові заходи** - дотримання природоохоронних законів, Водного кодексу України.

**Організаційні заходи** - створення схем комплексного використання та охорони вод басейнів річок, які повинні забезпечувати збереження якості води згідно вимог правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами, правил санітарної охорони прибережних вод морів, положення про порядок використання й охорони підземних вод.

**Технологічні заходи** - діяльність, направлена на:

- зменшення обсягів стічних вод за рахунок удосконалення технологій виробництва;
- покращення методів очищення стічних вод;

**Економічні заходи** - розробка і впровадження критеріїв з оцінки збитків від забруднення вод, стимулювання впровадження водозберігаючих технологій тощо.

**Наукові заходи** - проведення теоретичних (гідрологічних, гідрохімічних, гідроекологічних, направлених на покращення всієї системи охорони вод) і прикладних досліджень (направлених на вдосконалення існуючих методів очищення стічних вод, розробку водозберігаючих технологій).

**Соціальні заходи** - створення сприятливих умов для проживання, здоров'я і відпочинку з використанням водних ресурсів; виховання бережливого ставлення до водних ресурсів спільними зусиллями державних органів і громадських організацій; екологічна освіта і громадська екологічна діяльність.

Також виділяють профілактичні та практичні заходи.

- **профілактичні** - направлені на недопущення (або обмеження) появи нових джерел забруднення, засмічення і виснаження вод;

- **практичні** - направлені на усунення несприятливого впливу господарської діяльності на стан вод.

**До профілактичних заходів відносяться:**

- **розробка схем** комплексного використання й охорони водних ресурсів;
- **оцінка впливу на довкілля** проектів будівництва і реконструкції об'єктів, що впливають на кількісний та якісний стан вод;
- **нормування** водоспоживання і водовідведення;
- **видача дозволів** на спеціальне водокористування;
- **забезпечення введення** в експлуатацію водоохоронних споруд одночасно з введенням основних виробничих об'єктів;
- **ефективна експлуатація** очисних та інших водоохоронних споруд, що виключають надходження у водні об'єкти забруднених стічних вод, а також поверхневого стоку з промислових майданчиків, населених пунктів і сільськогосподарських угідь;
- **контроль за** скиданням стічних вод і станом водних об'єктів.



**До практичних заходів відносяться:**

- **встановлення норм** гранично-допустимих скидів (ГДС) у водні об'єкти забруднювальних речовин зі стічними водами діючих підприємств і введення в експлуатацію очисних споруд для досягнення встановлених норм ГДС;
- **застосування різних санкцій** (відповідно до чинного законодавства) за забруднення, засмічення і виснаження вод аж до закриття окремих підприємств, цехів чи комплексів.

**Основними шляхами збереження кількості і якості річкових і підземних прісних вод є такі:**

- очищення стічних вод;
- широке впровадження на підприємствах замкнутих циклів водопостачання;
- переоснащення виробничих процесів на базі впровадження ресурсозберігаючих технологій;
- суворе дотримання нормативів з охорони водних об'єктів.

З метою систематизації даних державного обліку вод та визначення наявних для використання водних ресурсів складають **водний кадастр**.

**Водний кадастр** - це систематизована збірка відомостей про водні ресурси країни, їхню кількість, склад і можливості використання.

Водний кадастр містить *три розділи: поверхневі води, підземні води та водокористування*.

Дані в розділах систематизуються за водними об'єктами та їхніми ділянками, басейнами річок та морів, басейнами підземних вод, водогосподарськими ділянками, економічними районами, адміністративно-територіальними одиницями і в цілому по Україні.

Розділи "Поверхневі води" і "Підземні води" ведуться Міністерством екології та природних ресурсів України, а розділ "Водокористування" - Державним комітетом України по водному господарству. Інформація перших двох розділів формується в результаті проведення постійних гідрометричних, гідрохімічних спостережень за кількісними та якісними характеристиками поверхневих вод.

**Водний кадастр є базою державного управління водним фондом.**

***Принципи ведення державного водного кадастру:***

- охоплення всієї території країни обліком водних ресурсів;
- єдина методична основа збору гідрологічної інформації;
- достовірність зібраних даних;
- відповідальність виконавців;
- інформованість користувачів про наявні дані;
- доступ до кадастрової інформації широкого кола користувачів;
- обов'язковість використання кадастрових даних у роботі різних організацій, установ тощо.

Використання водних ресурсів, як і інших видів природних ресурсів, неминуче спричиняє як позитивні, так і негативні наслідки. У міру розвитку цивілізації використання води неухильно збільшувалось. Одночасно зростала і кількість стічних вод, які скидаються у водотоки і водойми. Оскільки такі води не завжди бувають достатньо чистими, вони зумовлюють зміни якості природних вод, або забруднення їх, що і є одним із проявів негативного впливу людини на водні ресурси й основною причиною якісного виснаження останніх.

Під *охороною водних ресурсів* розуміють сукупність організаційних, технологічних, економічних і правових заходів, спрямованих на запобігання, обмеження й усунення забруднення, засмічення та виснаження водних ресурсів із метою задоволення оптимальних потреб населення і народного господарства у воді нормативної якості.

	<p style="text-align: center;">Система менеджменту якості  <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b>  навчальної дисципліни  «Гідрологія»</p>	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 80 з 114	

Водоохоронні та інші заходи, які проводяться в Україні і спрямовані на раціональне використання водних ресурсів, мають своєю кінцевою метою не тільки охорону водних ресурсів від кількісного і якісного виснаження, але й відтворення їх. Під відтворенням водних ресурсів розуміють не абсолютне збільшення кількості води на земній кулі, а збільшення в межах країни об'єму та якості водних ресурсів, які доступні і найбільш зручні для використання.

До відтворення водних ресурсів належать: регулювання річкового стоку за допомогою ставків і водосховищ; міжбасейновий перерозподіл стоку каналами і водоводами; покращення якості води різними засобами; опріснення морської води; збільшення одних видів водних ресурсів за рахунок інших, наприклад переведення ресурсів поверхневого стоку в ресурси ґрунтової вологи; штучне живлення (поповнення) підземних вод річковими паводковими водами; створення підземних водосховищ із метою збільшення ресурсів підземних вод; економне використання чистої води в усіх галузях народного господарства; своєчасне проведення лісомеліоративних, протиерозійних, гідротехнічних та інших заходів.

Охорона водних ресурсів від забруднення повинна здійснюватись у комплексі з охороною атмосфери, ґрунтового покриву, рослинного і тваринного світу, тобто охороною всього навколишнього середовища.





Система менеджменту якості  
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС  
навчальної дисципліни  
«Гідрологія»

Шифр  
документа

СМЯ НАУ  
НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-  
2024

Стор. 81 з 114

Додаток Г

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій  
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ**



**Методичні рекомендації до лабораторних занять  
з дисципліни «ГІДРОЛОГІЯ»**

Освітній ступінь: Бакалавр  
Галузь знань: 10 «Природничі науки»  
Спеціальність: 101 «Екологія»  
Освітньо-професійна програма: «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Укладачі:

Ангела ГАЙ, к.ф.-м.н., доц.,  
доцент кафедри екології  
Маргарита РАДОМСЬКА, к.т.н., доц.,  
доцент кафедри екології

Методичні рекомендації до лабораторних  
занять розглянуті та  
схвалені на засіданні кафедри екології

Протокол № \_\_\_ від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Тамара ДУДАР



## Лабораторна робота № 1

### ВІДБІР ТА РЕЄСТРАЦІЯ ПРОБ ВОДИ З ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ РІЗНОГО ТИПУ

#### Мета та основні завдання роботи

1. Ознайомитися з головними умовами відбору проб води для проведення лабораторних досліджень.
2. Ознайомитися з правилами зберігання, транспортування та реєстрації проб води з водних об'єктів різного типу.
3. Відібрати проби води з водних об'єктів різного типу для визначення їх фізико-хімічних властивостей.

#### Оформлення отриманих результатів та основні висновки

У результаті виконання роботи студенти повинні відібрати проби з поверхневих та підземних джерел, зібрати інформацію про умови пробовідбору та оформити звіт про роботу. Звіт повинен містити:

- мету роботи;
- стислі теоретичні відомості;
- послідовність проведення роботи;
- талони усіх відібраних проб з інформацією про умови виконання відбору та характеристики проби;
- висновки.

## Лабораторна робота № 2

### ОЦІНКА ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ

#### Мета та основні завдання роботи

1. Ознайомитися з методикою проведення органолептичних спостережень.
2. Навчитися визначати органолептичні показники (запах, смак, колір) якості води.

#### Оформлення отриманих результатів та основні висновки

В результаті виконання роботи студенти повинні оцінити основні органолептичні властивості відібраних проб води, визначити фактори їх формування та оформити звіт про роботу. Звіт повинен містити:

- мету роботи;
- стислі теоретичні відомості;
- послідовність проведення роботи;
- результати визначення органолептичних показників досліджуваної води (у роботі використовуються проби, відібрані для лабораторної роботи №1) у формі таблиці (табл. 2.4);
- порівняння одержаних результатів з вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 „Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною”;
- аналіз можливих факторів формування запаху, кольору та присмаку води (Додаток А);
- висновки про якість відібраних проб води.



## Лабораторна робота № 3

### ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ

#### Мета та основні завдання роботи

1. Ознайомитись з основними фізико-хімічними показниками якості води.
2. Освоїти методику робіт з багатофункціональним вимірювальним приладом АМТ-03R, який призначений для вимірювання фізико-хімічних параметрів води
3. Визначити основні параметри якості природних вод.

#### Оформлення отриманих результатів та основні висновки

У результаті виконання роботи студенти повинні визначити за допомогою приладу основні фізико-хімічні показники якості проб води та оформити звіт. Звіт повинен містити:

- мету роботи;
- стислі теоретичні відомості;
- послідовність проведення роботи;
- результати визначення фізико-хімічних показників досліджуваної води (у роботі використовуються проби, відібрані для лабораторної роботи №1) занести у таблицю (табл. 3.1);
- порівняння одержаних результатів з вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»;
- висновки про якість відібраних проб води.

## Лабораторна робота № 4

### ПОБУДОВА ВОДНОГО БАЛАНСУ ВОДНОГО ОБ'ЄКТУ

#### Мета та основні завдання роботи

1. Проаналізувати схему кругообігу води в природі
2. Розрахувати загальну зміну запасів води в басейні річки по місяцях за календарний рік.
3. Проаналізувати розрахований водний баланс за допомогою комплексного інтегрального графіка елементів балансу.

#### Оформлення отриманих результатів та основні висновки

У результати виконання роботи студенти повинні сформулювати баланс басейну річки, побудувати комплексного інтегрального графіка елементів водного балансу та оформити звіт. Звіт повинен містити:

- мету роботи;
- стислі теоретичні відомості;
- послідовність проведення роботи;
- таблиці розрахунків елементів водного балансу басейну річки;
- аналіз комплексного інтегрального графіка елементів водного балансу;
- висновки щодо основних джерел живлення водного об'єкту протягом року.



## Лабораторна робота № 5

### ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІЧКОВОЇ МЕРЕЖІ

#### Мета та основні завдання роботи

1. Навчитися складати гідрографічну характеристику річки;
2. навчитися вимірювати довжину вододільної лінії, площу басейну річки, середню ширину басейну,
3. вміти обчислювати довжину річки та її притоків.

#### Оформлення отриманих результатів та основні висновки

У результаті виконання роботи студенти повинні скласти гідрографічну характеристику річки на основі самостійно визначених фізико-географічних та морфометричних характеристик річкової мережі і сформуванати звіт. Звіт повинен містити:

- мету роботи;
  - стислі теоретичні відомості;
  - послідовність виконання роботи;
- відповідно до варіанту завдання (Додаток В):
- нанесені лінії вододілів головної річки та її притоків першого порядку;
  - відомості визначення площі водозабору, довжини річки та її приток;
  - значення коефіцієнтів звивистості, густоти та видовження басейну;
  - гідрографічну схему річки;
  - висновки щодо належності головної річки до основних класифікаційних типів за розміром басейну та значеннями розрахованих коефіцієнтів.

## Лабораторна робота № 6

### ПОБУДОВА ГІДРОГРАФА ТА ЙОГО ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ

#### Мета та основні завдання роботи

1. Опанувати методи аналізу водного режиму річок і виділення його фаз;
2. навчитися будувати типовий гідрограф річки і розподіляти його за видами живлення;
3. проводити генетичний аналіз гідрографа.

#### Оформлення отриманих результатів та основні висновки

У результаті виконання роботи студенти повинні побудувати гідрограф річки та провести його аналіз, а також сформуванати звіт. Звіт повинен містити:

- мету роботи;
- стислі теоретичні відомості;
- послідовність виконання роботи;



Необхідно згідно з варіантом роботи:

- побудований гідрограф річки в заданому створі з нанесенням основних льодових явищ (льодохід, льодостав);
- розподіл гідрограф за видами живлення і частку кожного з видів живлення у відсотках від річного стоку річки;
- виділені на гідрографі річки фази водного режиму і таблицю характеристик фаз;
- визначення загального типу живлення річки;
- висновки про можливі загрози для населення та матеріальних об'єктів у періоди основних фаз гідрологічного режиму.

## Лабораторна робота № 7

### ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

#### Мета та основні завдання роботи

1. Ознайомитися з тестом для визначення стану річки за візуальною оцінкою системи характерних параметрів річки та її заплави;
2. Вміти на основі отриманих результатів давати оцінку екологічного стану досліджуваної річки.

#### Оформлення отриманих результатів та основні висновки

У результаті виконання роботи студенти повинні виконати оцінку екологічного стану річки та сформулювати звіт. Звіт повинен містити:

- мету роботи;
- стислі теоретичні відомості;
- послідовність виконання роботи;
- опис досліджуваної ділянки річки та результати оцінки у наступній формі:

1. Назва річки \_\_\_\_\_

2. Басейн основної ріки \_\_\_\_\_

3. Її притоки \_\_\_\_\_

4. Довжина річки (якщо відома) \_\_\_\_\_ км,

5. довжина ділянки, на якій виконується оцінка \_\_\_\_\_ км,

6. Площа водозбірного басейну (якщо відома) \_\_\_\_\_ км<sup>2</sup>

7. Область \_\_\_\_\_

8. Район \_\_\_\_\_

9. Найближчі населені пункти і відстань до них:

вище за течією \_\_\_\_\_

на ділянці проведення оцінки \_\_\_\_\_

10. Ділянка, що оцінюється, знаходиться на території \_\_\_\_\_  
сільської (міської, селищної) Ради  
(назвати усі ради на яких знаходиться ділянка річки)

11. Землекористувачами земель заплави річки на оцінюваній ділянці є: \_\_\_\_\_

12. З якого ландшафту витікає річка, в якому стані витік річки, чи він охороняється

13. ширина річища (м): найбільша \_\_\_\_\_, середня \_\_\_\_\_,

глибина річища (см): найбільша \_\_\_\_\_, середня \_\_\_\_\_,





14.

Номер питання тесту	Оцінка	Номер питання тесту	Оцінка	Номер питання тесту	Оцінка
1.		10.		19.	
2.		11.		20.	
3.		12.		21.	
4.		13.		22.	
5.		14.		23.	
6.		15.		24.	
7.		16.		25.	
8.		17.		26.	
9.		18.		<b>Сума</b>	

- аналіз оцінки стану річки та пропозиції щодо його покращення.

### Лабораторна робота № 8

#### АНАЛІЗ ТЕРМІЧНОГО РЕЖИМУ ОЗЕРА НА МОДЕЛЬНІЙ СИСТЕМІ

##### Мета та основні завдання роботи

1. Побудувати модель озера та дослідити зміну температурних характеристик води;
2. визначити закономірності формування температурного режиму озера;
3. побудувати ізотерми розподілу температур води у озері.

##### Оформлення отриманих результатів та основні висновки

У результаті виконання роботи студенти повинні побудувати модель термічного режиму озера та сформувавати звіт. Звіт повинен містити:

- мету роботи;
- стислі теоретичні відомості;
- послідовність виконання роботи;
- результати вимірювання температури у послідовних експериментах (таблиця)

Таблиця

##### Значення температури води

Час, хв	Глибина, см				
	1	5	10	15	20
1					
5					
....					
Перший вітер					
1					

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 87 з 114	

5					
....					

- графік залежності зміни температури у часі під час впливу першого вітру;
- аналіз змін температури різних шарів води та закономірностей, що регулюються дані процеси.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1


### Можливі джерела походження запахів у водних об'єктах

Скорочення	Класифікація запаху	Приклади або можливе джерело походження запаху
A	ароматний або пряний	камфора, гвоздика, лаванда, лимон
Ae	огірковий	<i>Senura</i>
B	бальзамічний або квітковий	герань, ірис, ваніль
Bg	геранієвий	<i>Asterionella</i>
Bt	настурція	<i>Aphanizomenon</i>
	солодкуватий	<i>Coelosphaerium</i>
	фіалковий	<i>Mallomonas</i>
C	хімічний	промислові стічні води або хімічна обробка вод
Co	хлорний	вільний хлор
CO	вуглеводневий	стоки підприємств нафтопереробної промисловості
Cm	лікарський	феноли і йодоформ
D	неприємний (тухлих яєць)	сірководень
Df	рибний	<i>Uroglenopsis</i> і <i>Dinobrywn</i>
Dr	гнойовий	<i>Anabaena</i>
Dj	гнильний	застійні стічні води
E	землистий	сира земля
G	торф'яний	торф
	трав'янистий	влежана трава
M	затхлий	пріла солома
Mm	пліснявий	сирий підвал
V	овочевий	коріння овочів

Таблиця А.2

### Характер запаху різних водоростей

Водорості	Запах
Діатомові (астеріонелла, стефанодікус, мелозіра, циклотела та ін.)	Ароматний (фіалковий, геранієвий, землистий, ри́бний)
Зелені	Трав'янистий, болотяний, ри́бний

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 88 з 114	

(ентероморфа, сценедесмус і ін.)	
Синьо-зелені (анабени, мікроцистіс, афанізоменон, носток, осцилаторія і ін.)	Трав'янистий, гнильний, болотяний, гнойовий

Таблиця А.3

**Порівняльна таблиця граничної концентрації солей, що викликають смакові відчуття**

Сіль	Концентрація, мг/л	
	смак (без чіткої ідентифікації) мало відчутний	смак сприймається як поганий, подразливий
NaCl	150	500 - солоний
MgCl <sub>2</sub>	100	400 - гіркий
MgSO <sub>4</sub>	200	500 - гіркий
CaSO <sub>4</sub>	70	150- терпкий
KCl	350	700 - гіркий
FeSO <sub>4</sub>	1,5	5,0 - залізистий
MnCl <sub>2</sub>	2,0	4,0 - болотяний
FeCl <sub>2</sub>	0,3	0,5 - болотяний

Варіант 1. Водний баланс по місяцях  
р. Біла - с. Іванівка

Місяць	Елементи водного балансу, мм		
	Опади (X)	Стік (Y)	Випаровування (E)
I	37	2,0	-
II	32	3,0	-
III	32	9,0	15
IV	39	5,0	29
V	49	2,0	63
VI	62	2,0	83
VII	53	1,0	98
VIII	53	1,0	93
IX	34	1,0	63
X	41	2,0	34
XI	45	1,0	10
XII	47	2,0	-
Рік	524	31	488



Варіант 2. Водний баланс по місяцях  
р. Вовча - с. Зарічанка

Місяць	Елементи водного балансу, мм		
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )
I	41	2,0	-
II	37	3,0	-
III	36	21	-
IV	41	15	31
V	53	5,0	72
VI	64	2,0	103
VII	63	1,0	108
VIII	52	1,0	98
IX	38	2,0	62
X	46	2,0	32
XI	50	1,0	10
XII	51	2,0	-
Рік	572	57	516

Варіант 3. Водний баланс по місяцях  
р. Оксамитова - с. Соснівка

Місяць	Елементи водного балансу, мм		
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )
I	37	2	-
II	32	7	-
III	32	18	12
IV	39	10	23
V	49	5	51
VI	62	3	66
VII	53	2	78
VIII	53	1	74
IX	34	2	51
X	41	3	27
XI	45	2	8
XII	47	3	-
Рік	524	58	390



Варіант 4. Водний баланс по місяцях  
р. Дзвінка - с. Веселе

Місяць	Елементи водного балансу, мм		
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )
I	51	3	-
II	23	3	-
III	47	20	18
IV	48	12	35
V	60	8	77
VI	76	4	100
VII	73	2	118
VIII	68	1	112
IX	40	1	77
X	54	3	41
XI	72	4	12
XII	70	3	-
Рік	682	64	590

Варіант 5. Водний баланс по місяцях  
р. Тиха - с. Червоне

Місяць	Елементи водного балансу, мм		
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )
I	33	1,0	-
II	27	3,0	-
III	30	12	-
IV	35	6,0	18
V	45	3,0	64
VI	66	3,0	93
VII	63	2,0	97
VIII	49	1,0	85
IX	31	1,0	51
X	41	1,0	25
XI	39	2,0	6
XII	36	1,0	-
Рік	495	36	439





Варіант 6. Водний баланс по місяцях  
р. Ведмежа-с. Медове

Місяць	Елементи водного балансу, мм		
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )
I	48	2,0	-
II	21	4,0	-
III	43	10	17
IV	45	7,0	35
V	57	6,0	75
VI	72	3,0	99
VII	70	2,0	116
VIII	65	1,0	110
IX	37	1,0	76
X	51	1,0	41
XI	69	2,0	12
XII	67	5,0	-
Рік	645	44	581

Варіант 7. Водний баланс по місяцях р. Спокійна - с. Федорівка

Місяць	Елементи водного балансу, мм		
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )
I	64	6,0	-
II	59	6,0	-
III	60	27	18
IV	66	18	36
V	76	9,0	79
VI	89	4,0	103
VII	76	7,0	122
VIII	78	3,0	116
IX	56	4,0	79
X	68	5,0	43
XI	72	5,0	12
XII	74	7,0	-
Рік	838	101	608



Варіант 8. Водний баланс по місяцях р. Тепла - с. Борове

Місяць	Елементи водного балансу, мм		
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )
I	44	1,0	-
II	39	4,0	-
III	38	12	-
IV	46	8,0	31
V	56	5,0	72
VI	69	2,0	104
VII	58	1,0	109
VIII	56	1,0	98
IX	36	3,0	62
X	48	2,0	31
XI	52	3,0	11
XII	53	2,0	-
Рік	595	44	518

Варіант 9. Водний баланс по місяцях  
р. Жовта - с. Блакитне

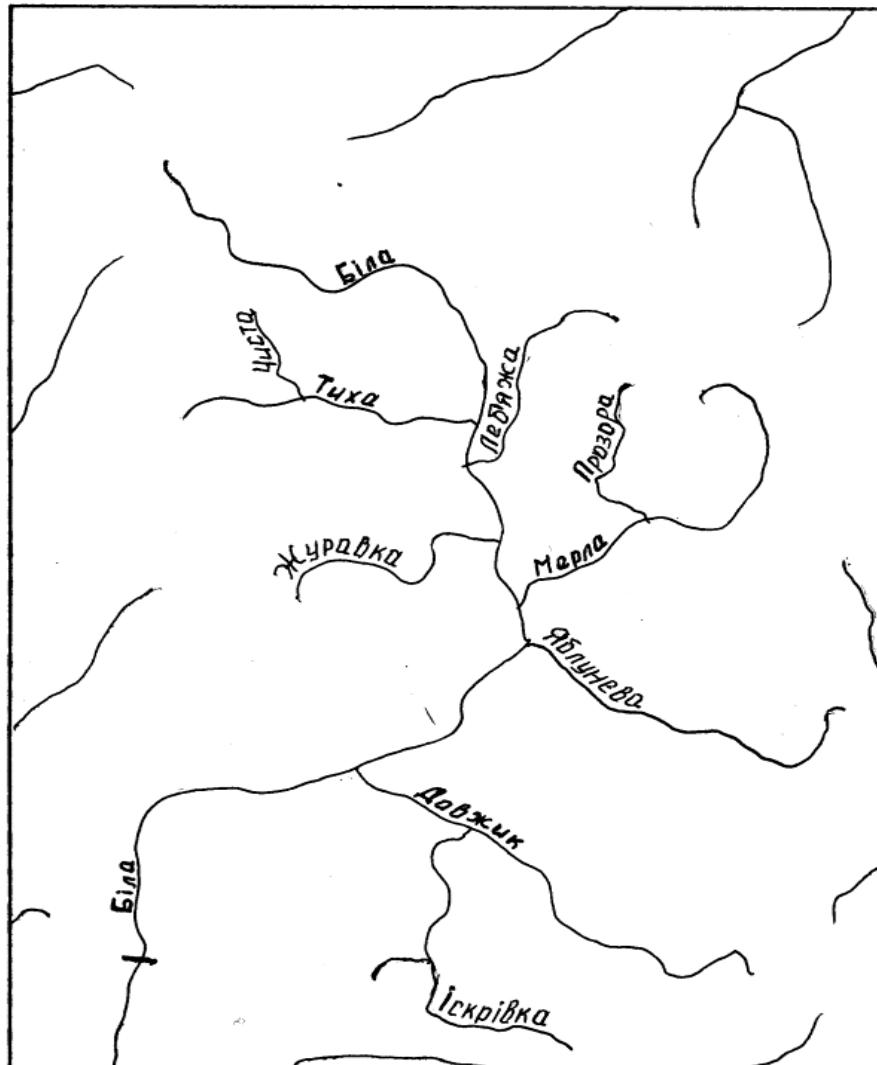
Місяць	Елементи водного балансу, мм		
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )
I	35	2,0	-
II	29	4,0	-
III	32	11	-
IV	37	8,0	29
V	47	5,0	68
VI	67	3,0	98
VII	64	2,0	102
VIII	50	1,0	93
IX	33	1,0	59
X	43	1,0	29
XI	41	2,0	10
XII	38	2,0	-
Рік	516	42	488




Варіант 10. Водний баланс по місяцях  
р. Блакитна - с. Калинівка

Місяць	Елементи водного балансу, мм		
	Опади ( $X$ )	Стік ( $Y$ )	Випаровування ( $E$ )
I	54	2,0	-
II	49	8,0	-
III	49	36	15
IV	56	33	30
V	65	6,0	66
VI	77	3,0	86
VII	75	2,0	101
VIII	65	3,0	96
IX	46	4,0	66
X	57	3,0	36
XI	61	3,0	10
XII	63	6,0	-
Рік	717	109	506

Варіант 1. Басейн р. Білої

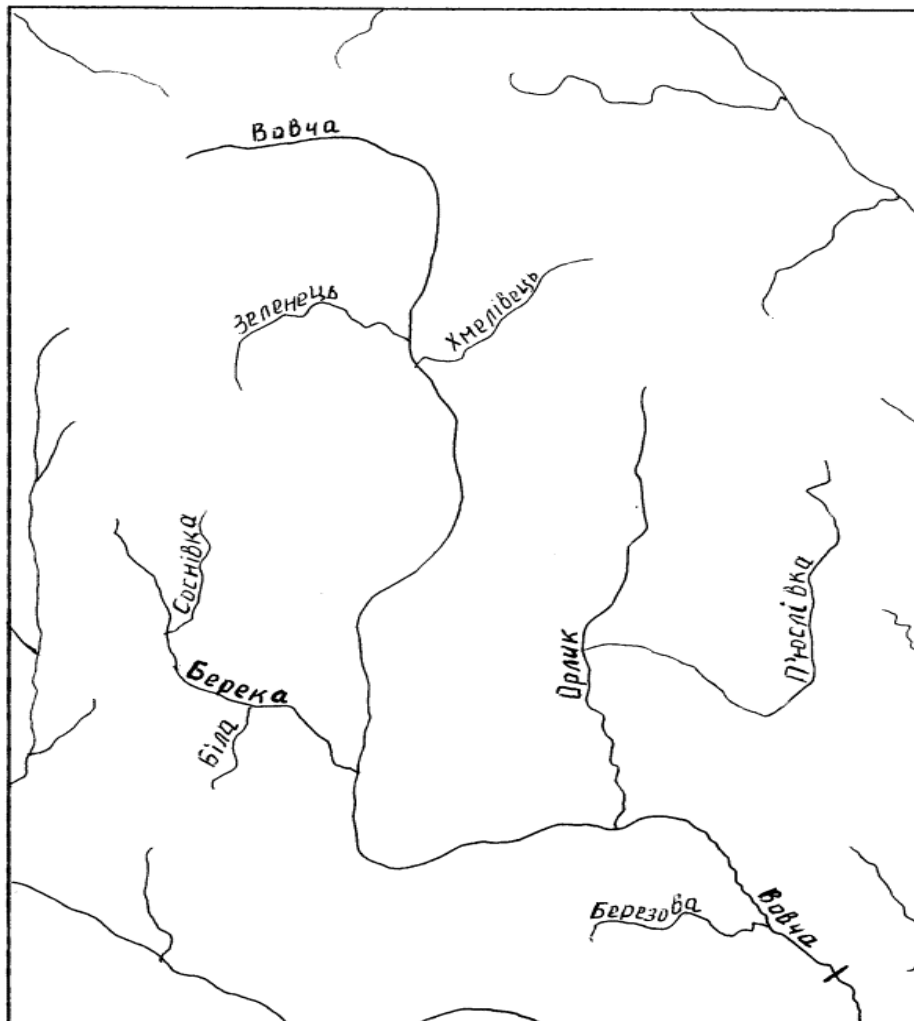


Варіант 1. Басейн ріки Білої М 1 : 550 000

 - замикаючий ствір



### Варіант 2. Басейн р. Вовчої



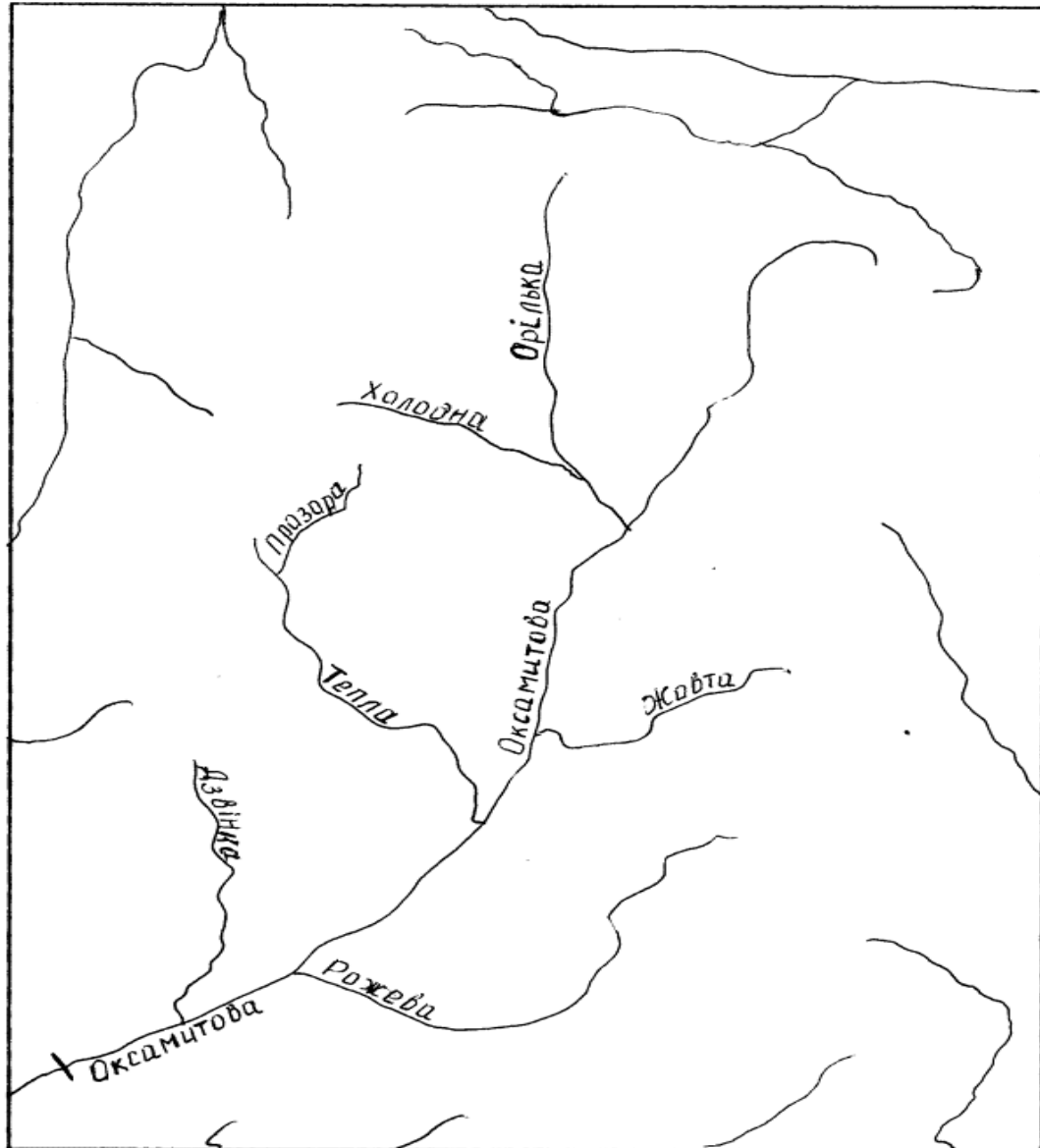
Варіант 2. Басейн р. Вовчої.

М 1 : 550 000


 - замикаючий ствір



Варіант 3. Басейн р. Оксамитової



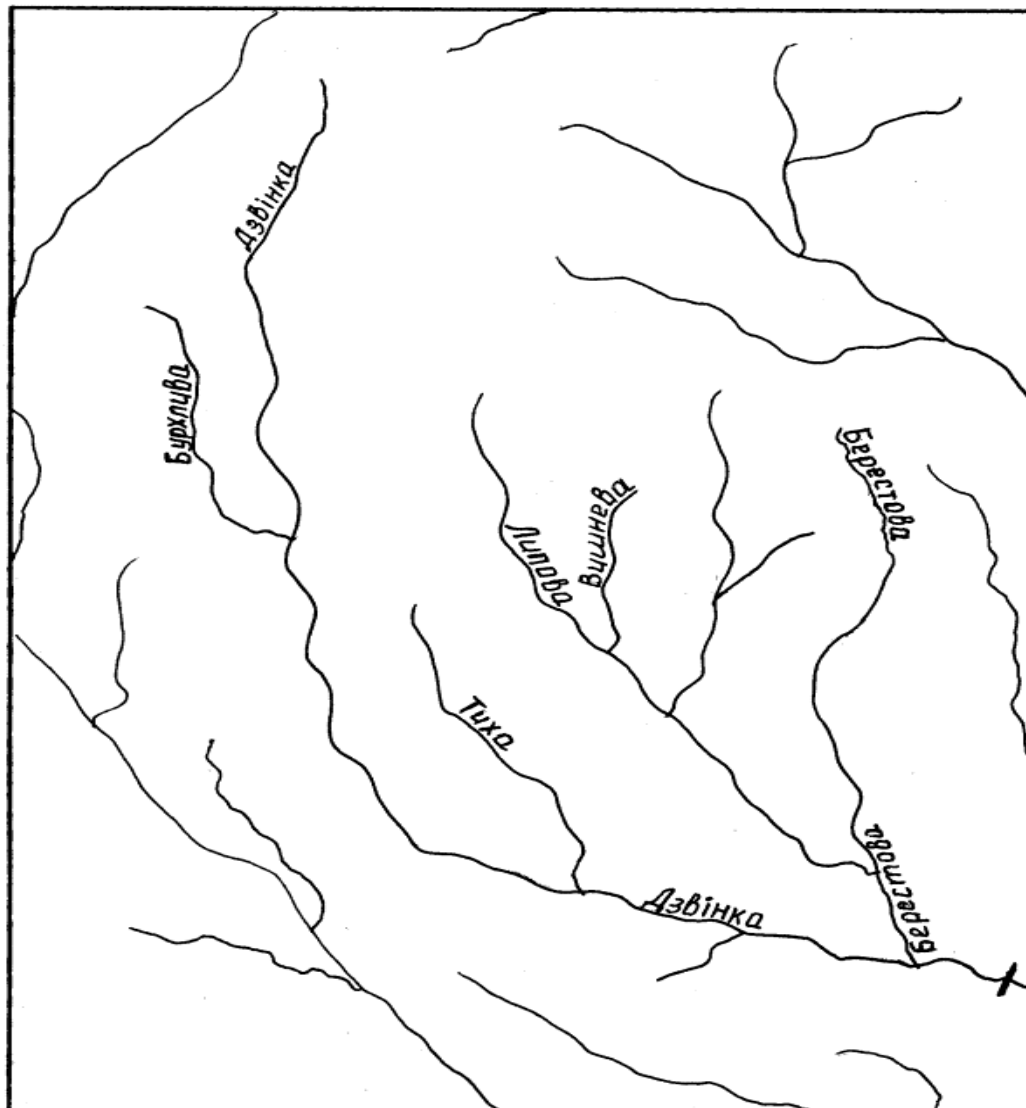
Варіант 3. Басейн р. Оксамитової. М 1 : 650 000

 - замикаючий ствір





Варіант 4. Басейн р. Дзвінкої



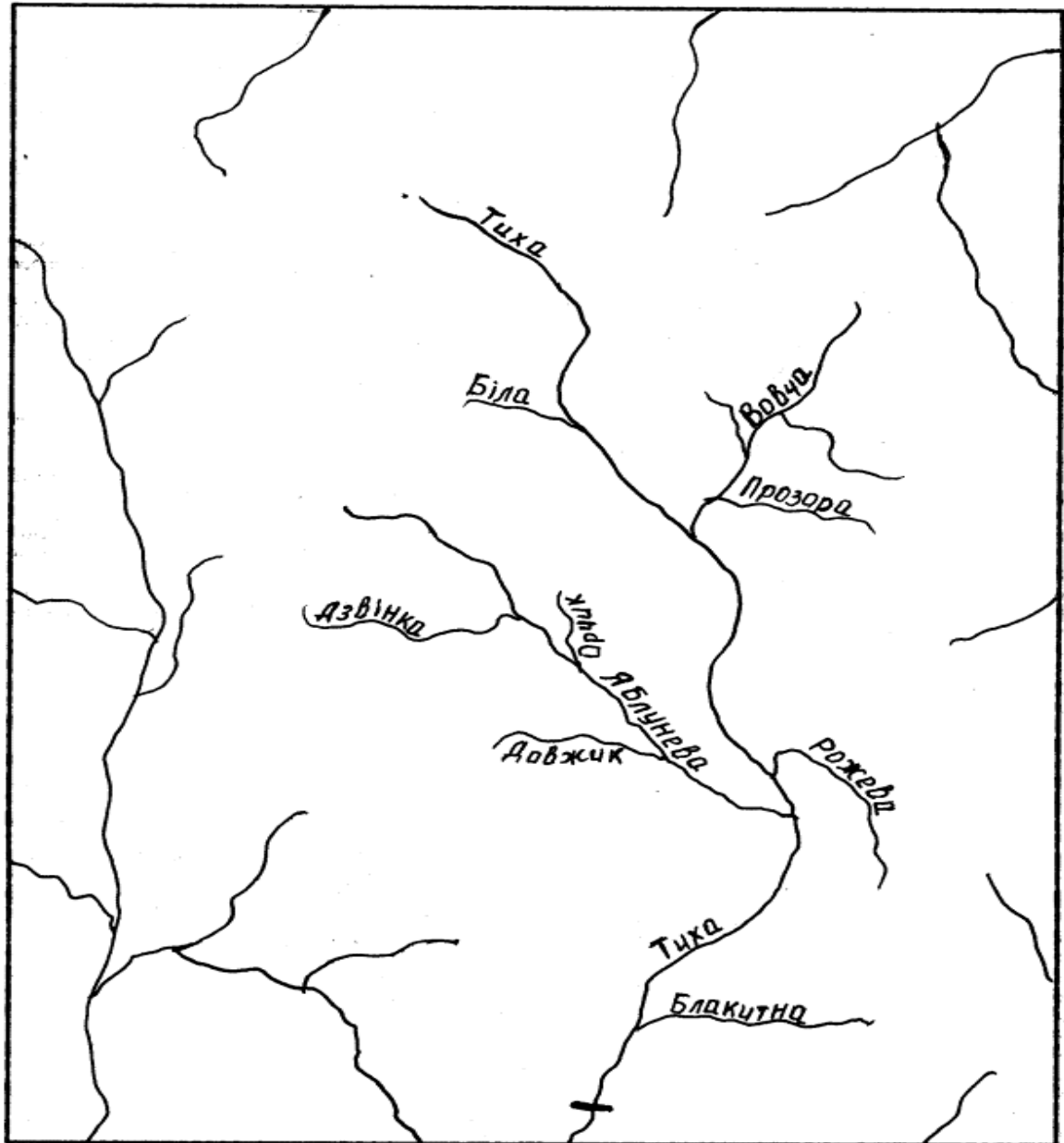
М 1 : 650 000



- замикаючий ствір



Варіант 5. Басейн р. Тихої



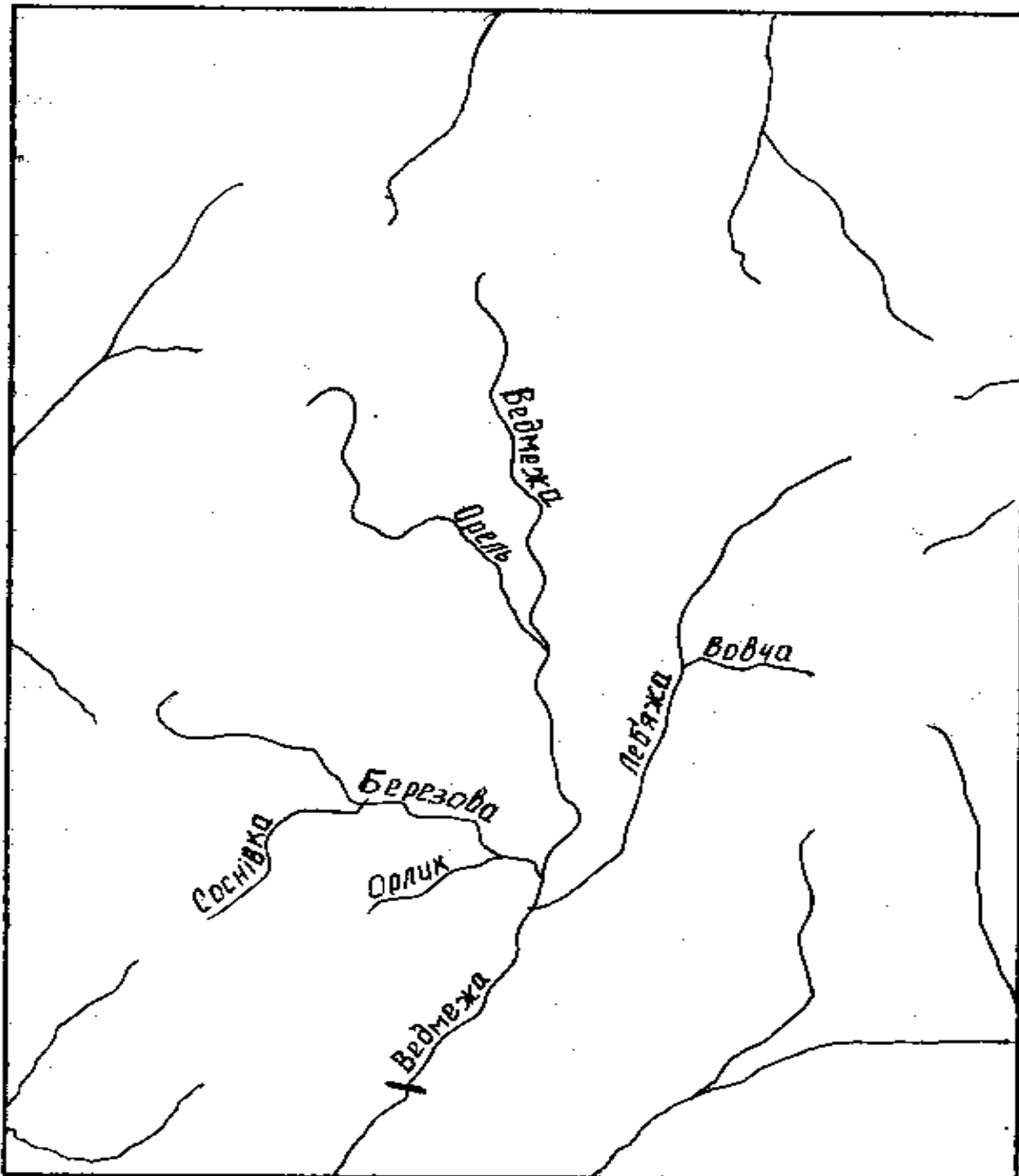
М 1 : 650 000



- замикаючий ствір



Варіант 6. Басейн р. Ведмежої



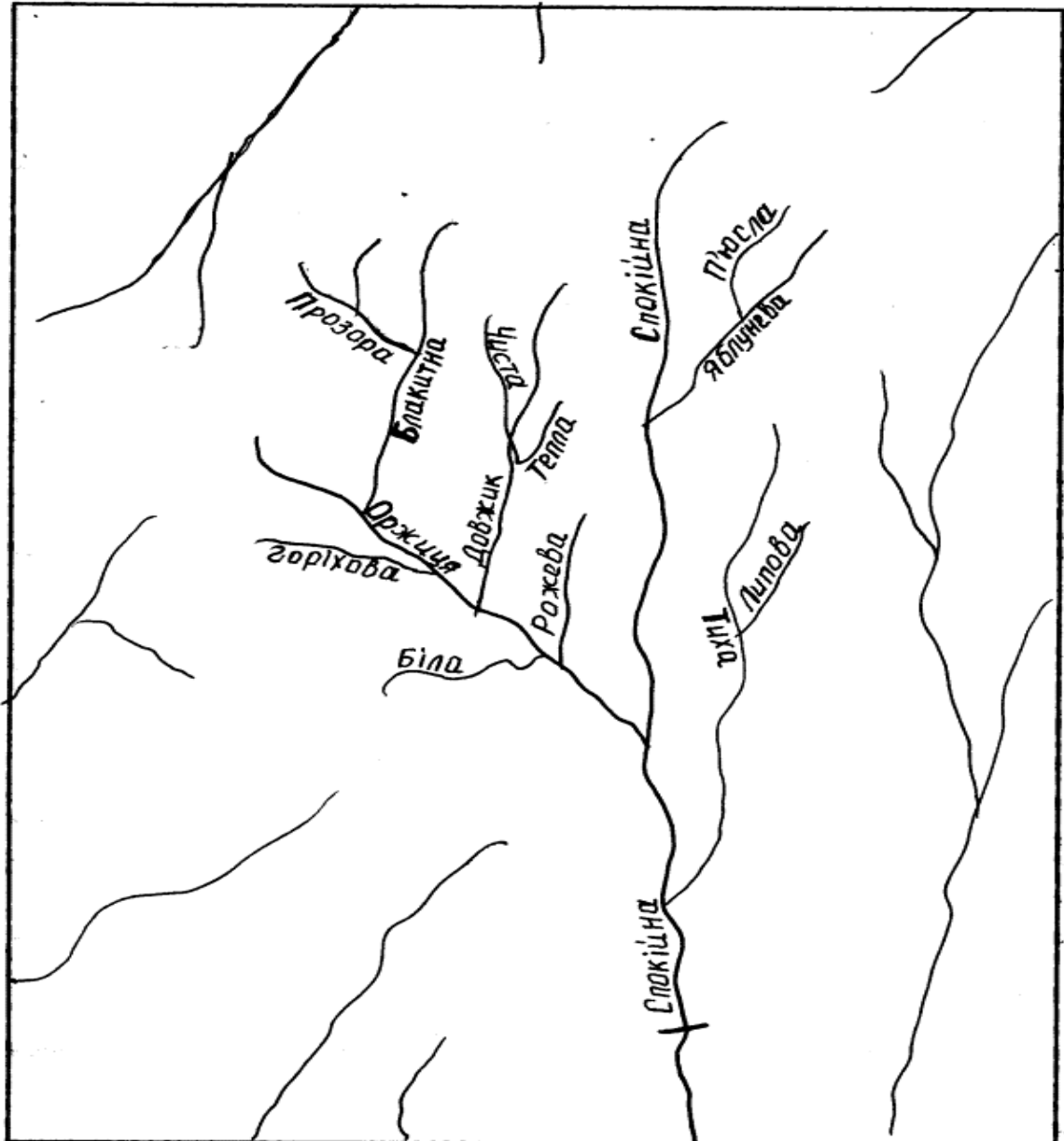
М 1 : 550 000



- замикаючий ствір



Варіант 7. Басейн р. Спокійної



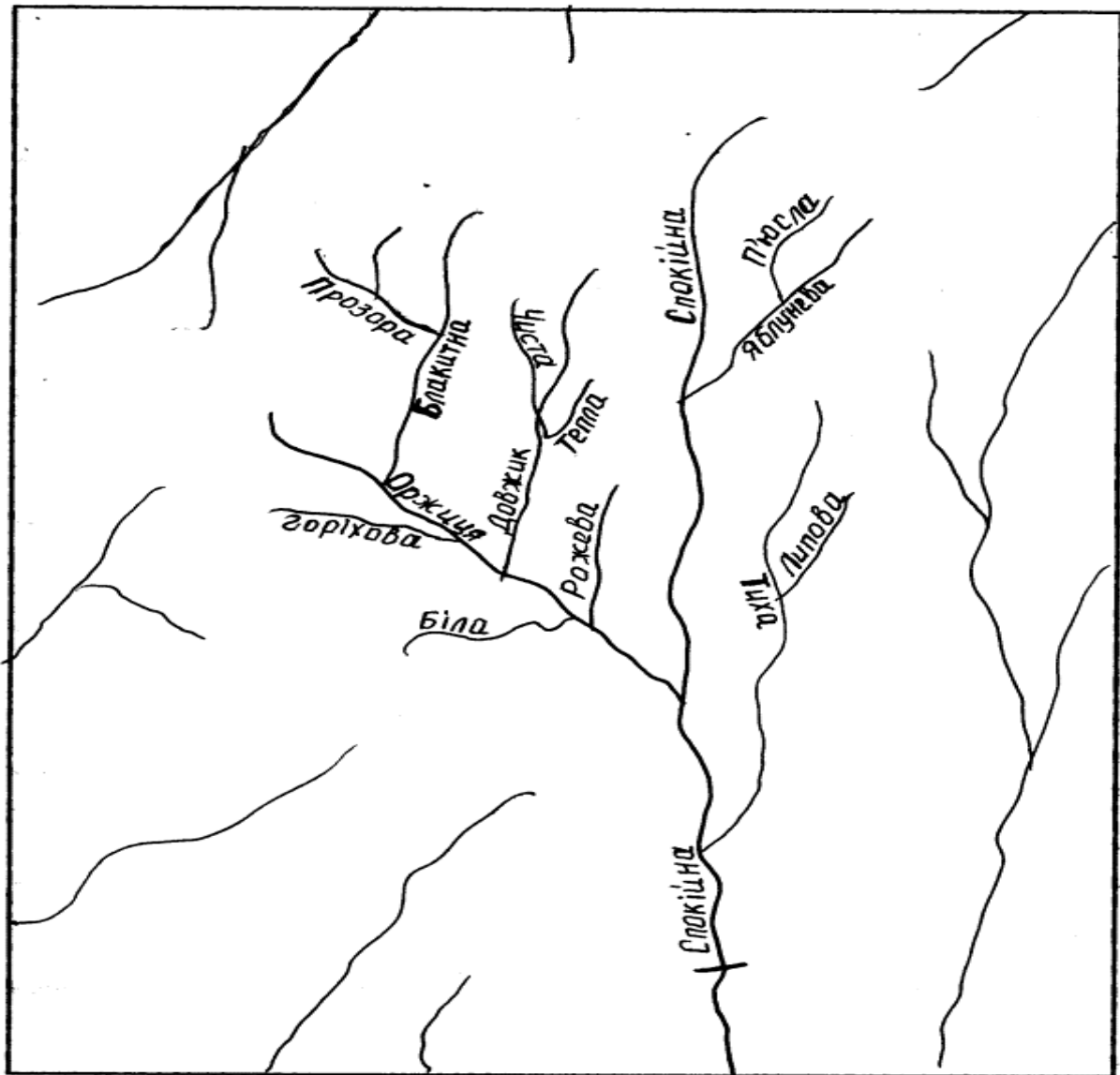
М 1 : 550 000




- замикаючий ствір



Варіант 8. Басейн р. Теплої

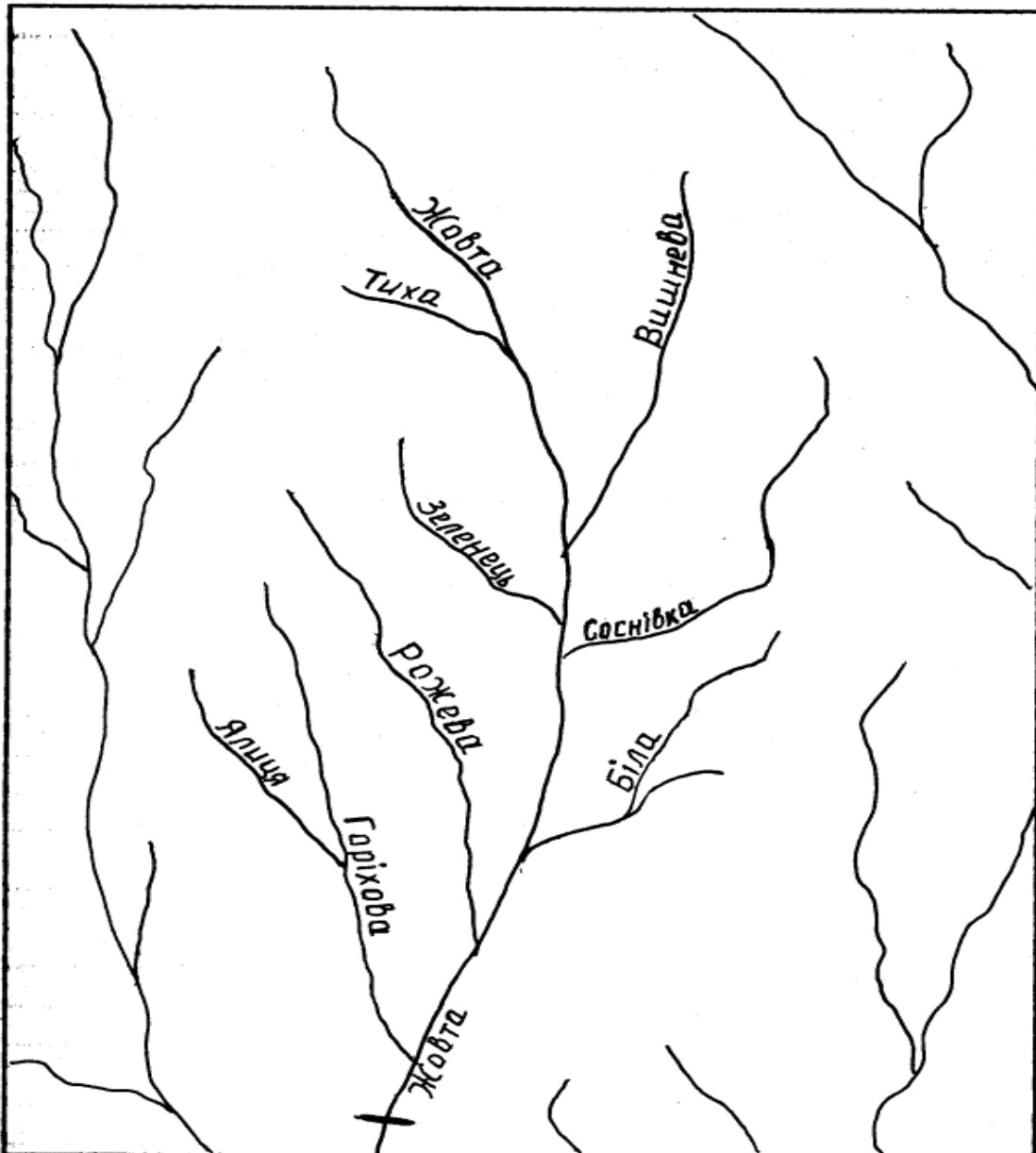


М 1 : 650 000

 - замикаючий ствір



Варіант 9. Басейн р. Жовтої



М 1 : 550 000

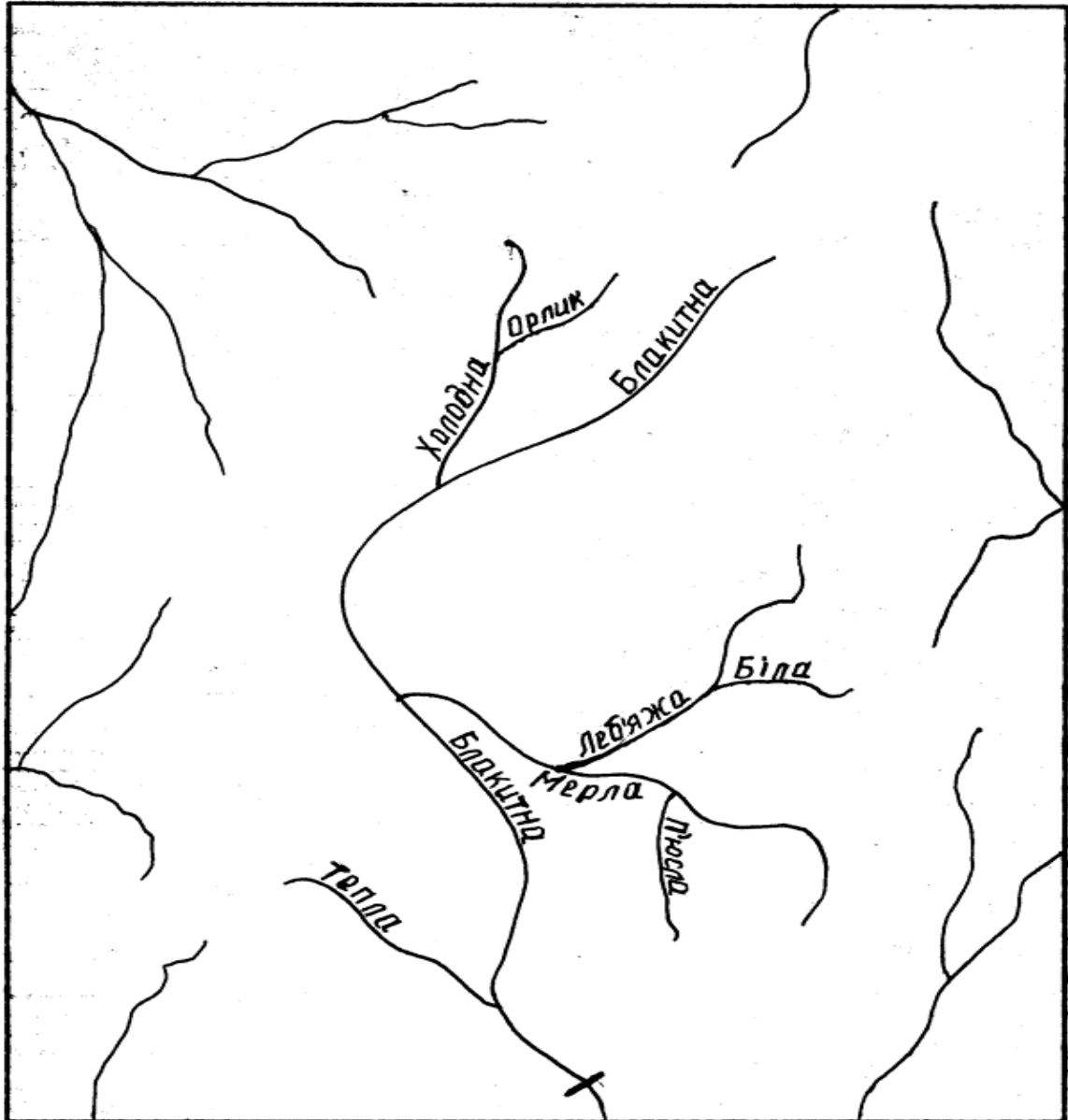


- замикаючий ствір





Варіант 10. Басейн р. Блакитної



М 1 : 550 000



- замикаючий ствір

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 103 з 114	

Додаток Д

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій**  
**КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ**



**Методичні рекомендації до виконання домашніх завдань**  
**з дисципліни «ГІДРОЛОГІЯ»**

Освітній ступінь:	Бакалавр
Галузь знань:	10 «Природничі науки»
Спеціальність:	101 «Екологія»
Освітньо-професійна програма:	«Екологія та охорона навколишнього середовища»


Укладачі:

Ангела ГАЙ, к.ф.-м.н., доц.,  
доцент кафедри екології  
Маргарита РАДОМСЬКА, к.т.н., доц.,  
доцент кафедри екології

Методичні рекомендації до виконання домашніх завдань розглянуті та схвалені на засіданні кафедри екології

Протокол №\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Тамара ДУДАР

	<p style="text-align: center;">Система менеджменту якості  <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b>  навчальної дисципліни  «Гідрологія»</p>	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 104 з 114	

### **Теми для виконання Домашнього завдання з дисципліни «Гідрологія»**


1. Становлення і розвиток гідрології як науки.
2. Сучасний водний режим річок України.
3. Види водних об'єктів та їхній гідрологічний режим.
4. Походження природних вод і формування гідросфери.
5. Методи гідрологічних досліджень.
6. Кругообіг води у природі. Водний баланс.
7. Вплив господарської діяльності людини на річковий стік.
8. Гідрологічне і екологічне значення фізико-хімічних властивостей води. Аномальні властивості води.
9. Гідрографічна характеристика річки та її басейну.
10. Методика оцінки екологічного стану річки.
11. Термічний режим річок та його фактори.
12. Гідрологія озер та їх практичне значення.
13. Водний баланс і рівневий режим озер.
14. Гідрологія боліт та їх практичне значення.
15. Поширення боліт на земній кулі та їх вплив на стік річок.
16. Гідрологія водосховищ та їх значення у господарській діяльності.
17. Гідрологія льодовиків, їх поширення та значення у розподілі водних ресурсів.
18. Гідрологія підземних вод та їх роль у фізико-географічних процесах.
19. Закономірності розповсюдження підземних вод у земній корі.
20. Водний і сольовий баланси Світового океану.
21. Оптичні і акустичні особливості морської води.
22. Практична роль течій в океанах і морях.
23. Теорії походження припливно-відпливних явищ.
24. Водні ресурси і водний баланс України.
25. Ресурси Світового океану.
26. Екологічні проблеми використання водних ресурсів.
27. Характеристика басейну річки (річка на вибір).
28. Гідрологічні небезпеки та захист від них.
29. Охорона водних ресурсів.
30. Оцінка екологічного стану каскаду Дніпровських водосховищ.

### **Методичні рекомендації до виконання Домашнього завдання з дисципліни «Гідрологія»**

У вступі загальним обсягом 1-2 сторінок тексту, визначити актуальність обраної тематики, сформулювати об'єкт і предмет дослідження, мету домашнього завдання та обґрунтувати використані методи дослідження.

Основна частина домашнього завдання складається з окремих самостійних розділів. Зазвичай, перший розділ включає огляд опрацьованих літературних джерел з обраної теми. Другий розділ включає результати дослідження (розрахунки за обраним методом або аналітичне дослідження проблеми).

Як правило, кожен розділ необхідно завершувати короткими висновками, що узагальнюють викладений матеріал. На основі висновків до розділів формулюється загальний

	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 105 з 114	

висновок до домашнього завдання, що включає результати проведеного дослідження та обґрунтовані рекомендації на основі висновків. Обсяг загальних висновків – 1-2 сторінки.

Список використаної літератури за тематикою досліджень, що використовувалися в домашньому завданні і на які є посилання в тексті, складає 10-12 джерел. Переваги повинні надаватися сучасним виданням.

При необхідності, додатки до домашнього завдання розміщуються в кінці роботи і можуть включати: таблиці, схеми, рисунки, діаграми тощо.

Виконання, оформлення та захист домашнього завдання здійснюється здобувачами вищої освіти в індивідуальному порядку відповідно до методичних рекомендацій у встановлений термін.

Тему домашнього завдання здобувач обирає самостійно. Здобувач вищої освіти за узгодженням з керівником має право запропонувати свою тему домашнього завдання з обґрунтуванням зацікавленості обраної теми та з подальшим її затвердженням на засіданні кафедри.

Домашнє завдання оформлюється у вигляді пояснювальної записки обсягом 15-20 сторінок та презентації (10-12 слайдів).

Домашнє завдання виконується в одному примірнику, текст друкується з одного боку окремих аркушів формату А4.

Всі сторінки домашнього завдання підлягають нумерації.

Домашнє завдання друкується за допомогою комп'ютерного набору.

Комп'ютерний набір тексту повинен передбачати:

- текстовий редактор – MS WORD, вирівнювання – по ширині;
- шрифт Times New Roman;
- розмір шрифту – 14;
- міжрядковий інтервал – 1,5;

- абзацний відступ повинен бути однаковим по всьому тексту роботи і має становити 1,25 см.

Поля тексту: ліве – 30 мм, праве – 10 мм, верхнє та нижнє – 20 мм.

Виступ здобувача - 5-7 хвилин, супроводжується презентацією, містить актуальність обраної теми, мету, завдання, основні результати дослідження та загальні висновки.

Результати виконання та захисту домашнього завдання оцінюються відповідно до рейтингової системи та робочої програми і наведені в таблиці.

Таблиця

**Відповідність рейтингових оцінок за окремі види навчальної роботи в балах оцінкам за національною шкалою**

Рейтингова оцінка в балах			Оцінка за національною шкалою
Виконання домашнього завдання	Захист домашнього завдання	Загальний бал	
5	5	9-10	відмінно
4	4	8	добре
3	3	6-7	задовільно
менше 3	менше 3	менше 6	незадовільно



Система менеджменту якості  
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС  
навчальної дисципліни  
«Гідрологія»

Шифр  
документа

СМЯ НАУ  
НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-  
2024

Стор. 106 з 114

Додаток Е

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій**  
**КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ**



**Методичні рекомендації до виконання контрольних робіт**  
**для заочної форми навчання**  
**з дисципліни «ГІДРОЛОГІЯ»**

Освітній ступінь: Бакалавр  
Галузь знань: 10 «Природничі науки»  
Спеціальність: 101 «Екологія»  
Освітньо-професійна програма: «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Укладачі:

Ангела ГАЙ, к.ф.-м.н., доц.,  
доцент кафедри екології  
Маргарита РАДОМСЬКА, к.т.н., доц.,  
доцент кафедри екології

Методичні рекомендації до виконання  
контрольних робіт (ЗФН) розглянуті та  
схвалені на засіданні кафедри екології

Протокол №\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Тамара ДУДАР



## **Тематика контрольних робіт для заочної форми навчання з дисципліни «Гідрологія»**

1. Становлення гідрології як науки.
2. Хімічні й фізичні властивості природних вод.
3. Водні ресурси Землі та водний баланс.
4. Світовий океан та його частини.
5. Термічний режим океанів і морів.
6. Загальна циркуляція води Світового океану.
7. Водні ресурси України.
8. Гідрологія річок.
9. Водонесність річок та її внутрішньорічний розподіл.
10. Оцінка екологічного стану водних об'єктів.
11. Термічний режим річок.
12. Загальна характеристика озер.
13. Типи озер та їх походження.
14. Значення та використання озер.
15. Призначення водосховищ та їх поширення.
16. Вплив водосховищ на довкілля.
17. Походження та поширення боліт.
18. Вивчення та практичне значення боліт.
19. Поширення та значення льодовиків.
20. Робота льодовиків та їх роль у формуванні рельєфу.
21. Теорії походження підземних вод.
22. Фізичні та хімічні властивості підземних вод.
23. Охорона підземних вод.
24. Світовий океан та його частини.
25. Припливи і відпливи.
26. Поняття про водні ресурси і водний фонд.
27. Водні ресурси і водний баланс України.
28. Використання водних ресурсів.
29. Управління водними ресурсами.
30. Охорона водних ресурсів.

## **Методичні рекомендації до виконання Контрольної роботи з дисципліни «Гідрологія»**

У вступі загальним обсягом 1-2 сторінок тексту, визначити актуальність обраної тематики, сформулювати об'єкт і предмет дослідження, мету Контрольної роботи та обґрунтувати використані методи дослідження.

Основна частина Контрольної роботи складається з окремих самостійних розділів. Зазвичай, перший розділ включає огляд опрацьованих літературних джерел з обраної



	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 108 з 114	

теми. Другий розділ включає результати дослідження (розрахунки за обраним методом або аналітичне дослідження проблеми).

Як правило, кожен розділ необхідно завершувати короткими висновками, що узагальнюють викладений матеріал. На основі висновків до розділів формулюється загальний висновок до Контрольної роботи, що включає результати проведеного дослідження та обґрунтовані рекомендації на основі висновків. Обсяг загальних висновків – 1-2 сторінки.

Список використаної літератури за тематикою досліджень, що використовувалися в Контрольній роботі і на які є посилання в тексті, складає 10-12 джерел. Переваги повинні надаватися сучасним виданням.

При необхідності, додатки до Контрольної роботи розміщуються в кінці роботи і можуть включати: таблиці, схеми, рисунки, діаграми тощо.

Виконання, оформлення та захист Контрольної роботи здійснюється здобувачами вищої освіти в індивідуальному порядку відповідно до методичних рекомендацій у встановлений термін.

Тему Контрольної роботи здобувач обирає самостійно. Здобувач вищої освіти за узгодженням з керівником має право запропонувати свою тему Контрольної роботи з обґрунтуванням зацікавленості обраної теми та з подальшим її затвердженням на засіданні кафедри.

Контрольна робота оформлюється у вигляді пояснювальної записки обсягом 15-20 сторінок та презентації (10-12 слайдів).

Контрольна робота виконується в одному примірнику, текст друкується з одного боку окремих аркушів формату А4.

Всі сторінки Контрольної роботи підлягають нумерації.

Контрольна робота друкується за допомогою комп'ютерного набору.

Комп'ютерний набір тексту повинен передбачати:

- текстовий редактор – MS WORD, вирівнювання – по ширині;

- шрифт Times New Roman;

- розмір шрифту – 14;

- міжрядковий інтервал – 1,5;

- абзацний відступ повинен бути однаковим по всьому тексту роботи і має становити 1,25 см.

Поля тексту: ліве – 30 мм, праве – 10 мм, верхнє та нижнє – 20 мм.

Виступ здобувача - 5-7 хвилин, супроводжується презентацією, містить актуальність обраної теми, мету, завдання, основні результати дослідження та загальні висновки.

Результати виконання та захисту Контрольної роботи оцінюються відповідно до рейтингової системи та робочої програми.



Додаток Є

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій**  
**КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Тамара ДУДАР

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

**Модульна контрольна робота №1**  
з дисципліни «Гідрологія»

1. Що є предметом вивчення гідрології взагалі і загальної гідрології зокрема?
2. На які самостійні частини поділяється загальна гідрологія залежно від об'єкта вивчення?
3. Які розділи містить гідрологія суші і що є предметом їхнього вивчення?
4. Яке наукове та прикладне значення має гідрологія?
5. У чому полягає суть теорії виникнення гідросфери?
6. Що таке гідрологічний режим водного об'єкта?
7. Які методи використовують при гідрологічних дослідженнях?
8. Назвіть особливості будови молекули води та її структури.
9. Які аномальні властивості має вода?
10. Які основні чинники формують хімічний склад води?
11. Що таке мінералізація води?
12. Які основні показники характеризують вміст органічних речовин у воді?
13. Як розподілена вода на земній кулі по окремих частинах гідросфери?
14. Що являє собою кругообіг води на Землі, які його рушійні сили та види?
15. Опишіть кругообіг води в природі за схемою: океан-атмосфера-океан.
16. Опишіть кругообіг води в природі за схемою: океан-атмосфера-суша-океан.
17. Опишіть кругообіг води в природі за схемою: суша-атмосфера-суша.
18. Що називається областями зовнішнього та внутрішнього стоку, який їх розподіл?
19. Що називається рівнянням водного балансу, які види рівнянь для окремих ланок глобального кругообігу вам відомі?



20. Рівняння водного балансу як математична модель кругообігу води: рівняння водного балансу для малого кругообігу.
21. Рівняння водного балансу як математична модель кругообігу води: рівняння водного балансу для великого кругообігу.
22. Рівняння водного балансу як математична модель кругообігу води: рівняння водного балансу для безстічних областей.
23. Рівняння водного балансу як математична модель кругообігу води: рівняння водного балансу для планети в цілому.
24. Що розуміють під Світовим океаном?
25. Які основні елементи рельєфу дна океану?
26. Які типи донних відкладів є в океанах і морях?
27. Як формується тепловий баланс океанів та морів?
28. Що таке річка, з яких частин вона складається та якими морфометричними показниками характеризується?
29. Яка різниця між гідрографічною та річковою сіткою, басейном та водозбором річки?
30. Які основні джерела живлення річок та як змінюється співвідношення між ними в різних природних зонах?
31. Чим характеризується водний режим річок?
32. Що таке рівень води в річці, де і в які строки вимірюються рівні води?
33. Які види руху води властиві річкам та як змінюються швидкості протікання води по поперечному перерізу русла?
34. Як формується стік річок, в яких одиницях він подається та як обчислюються витрати води?
35. Якими основними факторами зумовлюється водоносність річок і як вона змінюється в часі?
36. Назвіть особливості формування максимального та мінімального стоку річок.
37. Як формується термічний режим річок?
38. Які фази виділяють у льодовому режимі замерзаючих річок та які льодові утворення їм властиві?
39. Що розуміють під русловими процесами та які основні фактори їх зумовлюють?
40. Що являє собою екосистема річкового басейну і як вона впливає на гідробіологію річок?
41. Які бувають річкові води за ступенем їхньої мінералізації?
42. Особливості визначення густоти річкової мережі.
43. Особливості відбору проб води з поверхневих джерел, їх види та особливості консервації проб.
44. Методика відбору проб води із річок та струмків.
45. Навести органолептичні властивості води та методи їх дослідження.
46. Визначити, які чинники впливають на запах, смакові властивості та колір води.
47. Визначити, які виділяються смаки та присмаки води.
48. Назвіть: найбільше озеро світу, найглибше озеро світу, найсолоніше озеро світу, найдовше прісноводне озеро світу.



49. Назвіть: найглибше озеро України, найбільше озеро України, найвисокогірніше озеро України.  
50. Яка назва єдиного моря у Світовому океані, що не має берегів?

## Модульна контрольна робота №2 з дисципліни «Гідрологія»

1. Які водні утворення належать до озер?
2. Якого походження бувають озерні улоговини і як вони класифікуються?
3. У чому полягає суть еволюції озера?
4. Якими основними морфометричними характеристиками описуються озера?
5. Назвіть особливості термічного режиму озер.
6. Як типізуються озера за хімічним складом води?
7. На які типи поділяються озерні відклади?
8. Що таке водосховище, у чому полягає відмінність між водосховищем і ставком?
9. Яку роль відіграє каскад дніпровських водосховищ в економіці України?
10. На які типи поділяються водосховища?
11. Які морфометричні елементи характеризують водосховище?
12. Назвіть стадії розвитку водосховищ як водних об'єктів.
13. У чому полягають особливості водного балансу, гідродинаміки водосховищ та гідрофізичних процесів у них порівняно з озерами?
14. Як відбувається формування берегів і ложа водосховищ?
15. Що є причинами підтоплення прибережних земель водосховищ?
16. Назвіть особливості гідрохімічного режиму водосховищ.
17. Які є негативні наслідки впливу водосховищ на довкілля і можливі шляхи їх подолання?
18. Що розуміють під управлінням екологічним станом водосховищ і які є засоби такого управління?
19. Що називається болотом і якого походження бувають болота?
20. Де поширені болота та яка заболоченість окремих регіонів земної кулі?
21. Яких типів бувають болота та які особливості їхньої будови, морфології та гідрографії?
22. Що розуміють під водним балансом боліт?
23. Що таке діяльний та інертний шари боліт?
24. Чим характеризується термічний режим боліт?
25. Як болота впливають на стік річок?
26. Яке екологічне значення мають болота?
27. Що таке підземні води?
28. Які основні теорії походження підземних вод вам відомі?
29. Наведіть класифікацію підземних вод за походженням.
30. Що таке ґрунтові водоносні горизонти?
31. Що таке артезіанські води?
32. Які заходи сприяють запобіганню забрудненню підземних вод?



33. Як відбувається перетворення снігу в глетчерний лід та утворення льодовика?
34. На які типи поділяються льодовики і де вони поширені?
35. Що таке рівень моря?
36. На які типи поділяються морські хвилі та які основні причини їх виникнення?
37. Які є теорії походження припливів і відпливів?
38. Як класифікуються течії в океанах і морях?
39. Назвіть відомі вам океанічні течії.
40. Як відбувається хвилювання в океанах і морях?
41. Охарактеризувати утворення цунамі.
42. Охарактеризувати утворення стоячих хвиль та сейш.
43. Охарактеризувати утворення припливів та відпливів.
44. Які є види льоду в океанах і морях?
45. Що таке водний фонд?
46. Які водні ресурси має Україна та як ними забезпечені окремі регіони?
47. Які основоположні принципи використання й охорони водних ресурсів вам відомі?
48. Що розуміють під забрудненням, засміченням і виснаженням вод?
49. Які заходи проводяться для охорони водних ресурсів України?
50. Що означає комплексне використання водних ресурсів?

Розробники:

Анжела ГАЙ, к.ф.-м.н., доц.,  
доцент кафедри екології

Маргарита РДОМСЬКА, к.т.н., доц.,  
доцент кафедри екології



Додаток Ж

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій**  
**КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Тамара ДУДАР

Протокол №\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_р.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

**Екзаменаційний білет №1**

з дисципліни «ГІДРОЛОГІЯ»

**I. Теоретичне завдання**

1. Охарактеризувати межі існування гідросфери. Пояснити, як відбуваються процеси гідратації та дегідратації у літосфері та їх значення.
2. Охарактеризувати біотичні та абіотичні частини водних екосистем гідросфери.
3. Навести основні фактори, від яких залежить формування річкового стоку. Пояснити, від яких чинників залежить річковий стік.

**II. Практичне завдання**

1. Визначити, до яких басейнів відносяться річки України. Навести приклади.
2. Описати методику відбору проб води із річок та струмків.

**Затверджено на засіданні кафедри екології**

Протокол №\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

**Екзаменатор** \_\_\_\_\_ Анжела ГАЙ  
(підпис)



	Система менеджменту якості <b>НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС</b> навчальної дисципліни «Гідрологія»	Шифр документа	СМЯ НАУ НМК 10.02.03 (2.1.14)-01-2024
		Стор. 114 з 114	

(Ф 03.02 – 01)

**АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА**

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки

(Ф 03.02 – 02)

**АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ**

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

**АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ**

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

**АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН**

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

**УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН**

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				