

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3-4

ТЕМА: «КРУГООБІГ ВОДИ В ПРИРОДІ. ВОДНИЙ БАЛАНС. РОЗРАХУНКИ ЗАГАЛЬНОЇ ЗМІНИ ВОДИ У ВОДНОМУ ОБ'ЄКТІ»

Мета: закріпити отримані знання про кругообіг води на земній кулі, познайомитися з поняттям водного балансу, охарактеризувати елементи водного балансу, розрахувати зміни запасів води для басейну річки.

Терміни та поняття: кругообіг води в природі, рушійні сили кругообігу, елементи рівняння водного балансу, материкова ланка кругообігу, океанічна ланка, наноси, наморозь, град, сніг, конденсаційні опади, стік, бриз, пасати, мусони, водний баланс, метод водного балансу.

Питання по темі для обговорення, самостійного вивчення та осмислення:

Який процес називається кругообігом води в природі? Назвати основні рушійні сили кругообігу води. Яка їх роль? Які елементи включає в себе рівняння водного балансу? Чим характеризується малий та великий вологообіг?

Методичні вказівки до виконання практичної роботи.

Теоретичні відомості.

Весь обсяг гідросфери, за сучасними підрахунками, дещо перевищує 1,4 млрд км³. Точність сучасних уявлень про обсяг гідросфери коливається в межах близько 50 млн км³, що відповідає 3% об'єму гідросфери. Така порівняно висока точність пов'язана з найбільш надійним визначенням обсягу Світового океану, що становить майже 94% всього об'єму гідросфери.

Водний баланс Землі – кількісне вираження планетарного гідрологічного кругообігу, який зумовлює невичерпність водних ресурсів. Водний баланс Землі тісно пов'язаний з тепловим балансом і поряд з цим є одним із найважливіх показників для характеристики природних зон. Жива речовина (сукупність всіх живих організмів, що мешкають на нашій планеті) відіграє активну роль у визначенні швидкості кругообігу води на Землі. Підраховано, що вся вода планети проходить через живу оболонку Землі за 2 млн років. Розрахунком складових водного балансу широко користуються в гідрології і в метеорології для вивчення водного режиму.

Водний баланс суші характеризується основною залежністю: кількість атмосферних опадів, що випадають на даній території, дорівнює сумі випаровування, стоку та накопичення (або витрати) води у верхніх шарах літосфери. Для всієї земної кулі за річний період і для середніх багаторічних умов його окремих територій останній член водного балансу дорівнює нулю.

Водний баланс атмосфери істотно залежить від умов атмосферного вологообороту, в ході якого водяна пара переноситься з одних районів в інші. Хоча випаровування з поверхні суші становить близько 2/3 від кількості опадів на континентах, фактично велика частина опадів, що випадають на суші, формується з водяної пари, принесеної повітряними течіями з океанів. Це пояснюється тим, що циркуляція атмосфери забирає із континентів на океани значну частину водяної пари, утвореної місцевим випаровуванням. Різниця між випаровуванням і опадами

на континентах, рівна різниці між приходом і витратою водяної пари в атмосфері над континентами, одночасно дорівнює величині річкового стоку з континентів в океани.

Якщо розглядати водний баланс для всієї земної поверхні в цілому, так само як і для всієї атмосфери, то річна сума опадів дорівнює величині випаровування, яка відповідає, за сучасними даними, приблизно 100 см/рік (*див. таблицю 3.1*).

Складові водного балансу: опади, випаровування та сток вимірюються на метеорологічних і гідрологічних станціях. Для визначення випаровування, стоку і інших членів водного балансу широко використовуються розрахункові методи.

Кругообіг води у природі має велике значення. Енергія вод, що потрапили на сушу в процесі кругообігу, виявляється у формуванні рельєфу, розмиванні берегів та ін. Кругообіг води є потужним провідником води із моря на сушу і зумовлює органічне життя на Землі.

Кругообіг води – це безперервний процес циркуляції води на земній кулі під впливом сонячної радіації та сили ваги. Найголовнішими складовими кругообігу є випаровування води, перенесення водяної пари на віддаль, конденсація водяної пари, випадання опадів, інфільтрація води в ґрунт і стік.

Джерелом теплової енергії на Землі є Сонце. Сонячна енергія перерозподіляється між поверхнею Землі і атмосферою, між океаном і сушею.

Позитивні температури зумовлюють випаровування вологи з поверхні океанів і суходолу та забезпечують насичення нею атмосферного повітря. У верхніх шарах атмосфери, де температура повітря знижується, волога конденсується й випадає у вигляді дощу чи снігу. Опади над океаном частково компенсують витрати води, що випарувалась з його поверхні. Опади над суходолом мають набагато складніший шлях кругообігу. Вони частково просочуються у ґрунт, підвищуючи його зволоженість, а також проникають у водоносні горизонти, підживлюючи підземні води. Певна частина цих вод формує підземний стік, інша, що не проникла в глибинні горизонти, утворює поверхневий стік водозбірного басейну (*рис. 3.1*). Вода, стікаючи зі схилів, збирається в улоговинах стоку, ярах і балках, малих і великих ріках. Річки дренують територію водозбірного басейну, збирають поверхневі та підземні води у єдиний річковий стік і повертають Світовому океану «борг», забраний свого часу повітряними масами. Так відбувається безперервне врівноваження кількості води, яка випаровується з акваторії океану та безстічних басейнів і річковим стоком, що повертається до водойми.

Залежно від особливостей і масштабів є *великий, або загальний, і малий кругообіг*.

Великий кругообіг охоплює сушу й океани і відбувається за схемою: океани – атмосфера – суша – океани. Водяна пара, що випаровується з поверхні океанів, переноситься вітрами на сушу, випадає на поверхню суші у вигляді атмосферних опадів, стікає до океану у вигляді поверхневого стоку (через річки), частина просочується в Землю, де утворює підземний стік і живить рослинність. Частина води потрапляє в повітря, випаровуючись із суші (із ґрунтів, водних басейнів), або через транспірацію рослинами тощо.

Малий кругообіг – це кругообіг над окремими океанами, материками або їхніми частинами. *Малий, або океанічний кругообіг* відбувається за схемою: океан –

атмосфера – океан. Водяна пара, що випаровується з поверхні океану, надходить в атмосферу, там конденсується й випадає у вигляді атмосферних опадів на поверхню океану.

Малим є також і *місцевий*, або *внутрішньоматериковий вологообмін*, який відбувається тільки в межах суші. Схема його руху: суша – повітря – суша. Вода випаровується із суші (із різних об'єктів, ґрунтів, рослинності тощо), потрапляє в повітря, конденсується у вигляді опадів і повертається на сушу.

Такий процес кругообігу води в природі – лише спрощена схема, в дійсності він набагато складніший. Так, частина води витрачається на гідратацію гірських порід і тому виключається із загального кругообігу. Певна кількість вологи виходить на поверхню з глибоких надр і, навпаки, поповнює водні маси, які беруть участь у кругообігу. Крім того, не вся вода, що стікає по земній поверхні, досягає океанів і морів, тому що суша ділиться на дві області – стічну, або область зовнішнього стоку і безстічну, або область внутрішнього стоку.

Стічною областю називається частина суші, річковий стік якої здійснюється в океани і моря. *Безстічною* областю називається частина суші, з якої немає стоку в океан і води її річок надходять у безстічні озера, або витрачаються на випаровування. З усієї площі суші безстічні області займають лише 30 млн км², а стічні області – 119 млн км².

З безстічних областей найбільшими є: в Європі – водозбірний басейн Каспійського моря; в Середній Азії – Туранська низовина, в Центральній Азії – пустелі Алашань, Гобі, Такла-Макан; в Африці – пустелі Сахара, Лівійська, Нубійська, Калахарі і Наміб, водозбори озер Чад, Руква, Рудольф тощо; в Північній Америці – пустелі Великого Басейну, Мексиканського нагір'я, плато Колорадо тощо; в Південній Америці – водозбори озер Тітікака-Поопо, пустеля Атакама, плато Патагонії тощо; в Австралії – західна і центральна частини материка.

Серед безстічних областей виділяють безстічні області з внутрішнім стоком. На території цих областей може випадати значна кількість опадів, може бути розгалужена сітка водотоків, але всі свої води вони несуть в озера (наприклад, басейни Волги, Уралу, Сирдар'ї, Амудар'ї та ін.) та арктичні області, які не мають ніякого поверхневого стоку, тому що вся вода, котра випадає на їхню поверхню, випаровується. Арктичні області займають 17 % поверхні материків і найбільшими з них є Сахара, пустелі Австралії, Центральної і Середньої Азії та інші.

Вода безстічних областей бере участь у відносно самостійних кругообігах, а зв'язок її зі Світовим океаном здійснюється лише шляхом перенесення вологи в пароподібному стані повітряними течіями в периферійні області суші чи безпосередньо на моря та океани, або підземними шляхами (незначною мірою). В межах безстічних областей у вологообміні бере участь лише 9 тис. км³ води.

В межах нашої планети виділяють ще такі види вологообміну: між Землею і Космосом, між атмосферою й океаном, між атмосферою, ґрунтовим покривом і біосферою.

Кругообіг води у природі має велике значення. Енергія вод, що потрапили на сушу в процесі кругообігу, виявляється у формуванні рельєфу, розмиванні берегів та ін. Кругообіг води є потужним провідником із моря на сушу і зумовлює органічне життя на Землі. Завдяки кругообігу води на Землі є вода на суші.

Хід роботи:

Завдання 1. Накреслити схему кругообігу води в природі. Стрілками показати напрям переносу вологи в атмосфері і напрям стоку із суші.

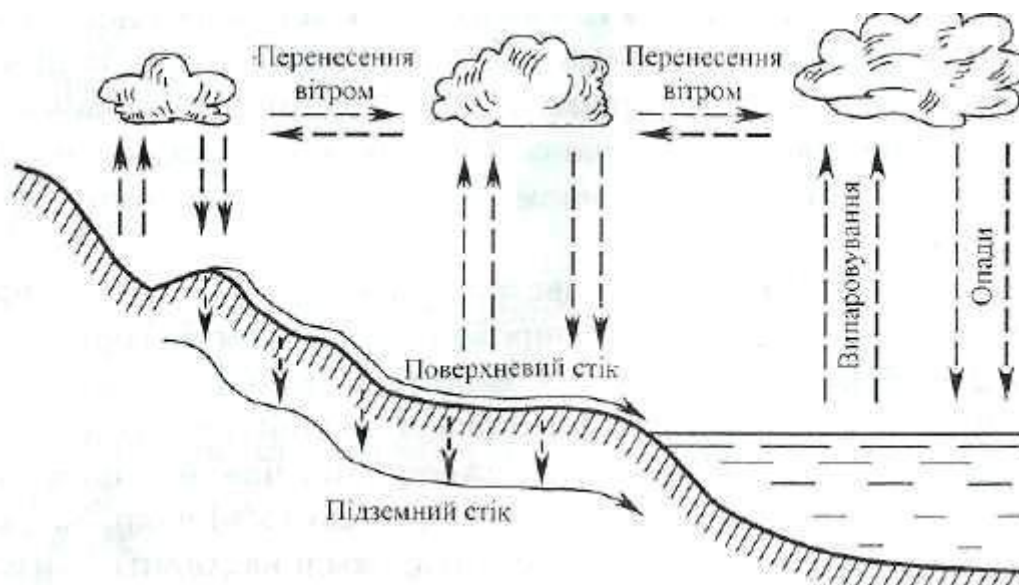


Рис. 3.1. Кругообіг води та його основні елементи

Завдання 2. Письмово проаналізувати схему кругообігу води в природі:

- як відбувається малий кругообіг води в природі?
- які етапи проходить на суші волога з океану в процесі великого кругообігу?
- які оболонки земної кулі пов'язуються в процесі кругообігу?
- яке значення малого і великого кругообігів?

Завдання 3. Користуючись даними таблиці 3.1. побудувати стовпчикові діаграми водного балансу земної кулі). Масштаб: вертикальний 1 см = 50000 км³, горизонтальний – довільний.

Таблиця 3.1

Водний баланс земної кулі

Частини	Площа, млн. км ²	Елементи балансу	Кількісні показники	
			мм	тис. км ³
Земна куля	510	Опади	1130	577
		Випаровування	1130	577
Світовий океан	361	Опади	1270	458
		Випаровування	1400	550
		Стік (притік)	130	47
Суша	149	Опади	800	119
		Випаровування	485	72
		Стік	315	47
Стічна область	119	Опади	924	924
		Випаровування	529	529
		Стік	395	395
Безстічна область	30	Опади	300	9
		Випаровування	300	9

Завдання 4. Розрахувати загальну зміну запасів води в басейні річки по місяцях за 2023 календарний рік і проаналізувати розрахований водний баланс за допомогою комплексного інтегрального графіка елементів балансу згідно свого варіанту за *Додатком 3*.

Метод водного балансу засновується на наступному очевидному рівнянні: для будь-якого простору, що обмежується деякою довільною поверхнею, кількість води, яка ввійшла всередину цього об'єму, за відрахуванням кількості води, яка вийшла назовні, повинна дорівнювати відповідно збільшенню або зменшенню її кількості всередині даного об'єму.

Для річкового басейну з природним режимом витрата вологи за будь-який розрахунковий інтервал часу визначається рівнянням:

$$S = X - Y - E,$$

де X - атмосферні опади в межах водозбору;

Y - річковий стік у замикаючому створі;

E - сумарне випаровування з басейну;

S - загальна зміна запасів води в басейні

Приклад розрахунку.

Вихідні дані:

Елементи водного балансу: опади (X), стік (Y) і випаровування (E) у мм по місяцях за 2023 рік для басейну р. Дзеркальної - с. Березівка наведені в *табл. 3.2*.

Треба розрахувати загальну зміну запасів води в басейні р. Дзеркальної - с. Березівка по місяцях за 2020 календарний рік і проаналізувати розрахований водний баланс за допомогою комплексного інтегрального графіка елементів балансу.

Розрахунок:

1. Визначаємо зміну запасів води в басейні річки за кожний місяць і за рік та заносимо данні до таблиці 3.3) за формулою:

$$S = X - Y - E,$$

$$SI = 30 - 1,0 - 2,0 = 27 \text{ (мм)}$$

$$SII = 37 - 1,0 - 6,0 = 30 \text{ (мм)}$$

$$SIII = 37 - 2,0 - 11 = 24 \text{ (мм)}$$

...

$$Spik = 640 - 97 - 466 = 77 \text{ (мм)}$$

Таблиця 3.2

Водний баланс по місяцях за 2023 календарний рік р. Дзеркальна - с. Березівка

Місяць	Елементи водного балансу, мм		
	Опади (X)	Стік (Y)	Випаровування (E)
I	30	1,0	2,0
II	37	1,0	6,0
III	37	2,0	11
IV	75	66	46
V	27	8,0	95
VI	84	3,0	100
VII	43	3,0	75
VIII	88	2,0	60
IX	29	3,0	43
X	53	3,0	19
XI	90	3,0	8,0
XII	47	2,0	1,0
Рік	640	97	466

Таблиця 3.3

**Водний баланс по місяцях за 2023 календарний рік
р. Дзеркальна - с. Березівка**

Місяць	Елементи водного балансу, мм			
	Опади (X)	Стік (Y)	Випаровування (E)	Зміна запасів води в басейні (ΔS)
I	30	1,0	2,0	27
II	37	1,0	6,0	30
III	37	2,0	11	24
IV	75	66	46	-37
V	27	8,0	95	-76
VI	84	3,0	100	-19
VII	43	3,0	75	-35
VIII	88	2,0	60	26
IX	29	3,0	43	-17
X	53	3,0	19	31
XI	90	3,0	8,0	79
XII	47	2,0	1,0	44
Рік	640	97	466	77

2. Складемо таблицю 3.4, в якій виконується послідовне підсумовування місячних сум елементів водного балансу.

**Інтегральні зведені дані елементів водного балансу (мм)
р. Дзеркальна - с. Березівка**

Місяць	ΣX	ΣY	ΣE	$\Sigma (Y + E)$
I	30	1	2	3
II	67	2	8	10
III	104	4	19	23
IV	179	70	65	135
V	206	78	160	238
VI	290	81	260	341
VII	333	84	335	419
VIII	421	86	395	481
IX	450	89	438	527
X	503	92	457	549
XI	593	95	465	560
XII	640	97	466	563

3. За даним цієї таблиці накреслимо комплексний інтегральний графік елементів водного балансу (суми елементів відносяться на кінець кожного місяця).

4. Проаналізуємо рівняння водного балансу, тобто розглянемо зміни прибуткових і витратних елементів ΣX , ΣY , ΣE , $\Sigma (Y + E)$ за допомогою комплексного інтегрального графіка. У період з січня по березень відбувається інтенсивне наростання опадів, запасів води в снігу при дуже незначному випаровуванні і стоку.

З квітня почалося сніготанення, в зв'язку з чим спостерігалось зменшення запасів води в снігу, зростання стоку і випаровування.

З травня по грудень стік поступово зростає і досягнув до кінця періоду 97 мм, сумарне випаровування до кінця року досягнуло 466 мм, що в сумі склало 563 мм.

По кривих можна добре бачити, що зміна запасів вологи в басейні за рік $\Delta S = \Sigma X - \Sigma Y - \Sigma E = 640 - 563 = 77$ мм.

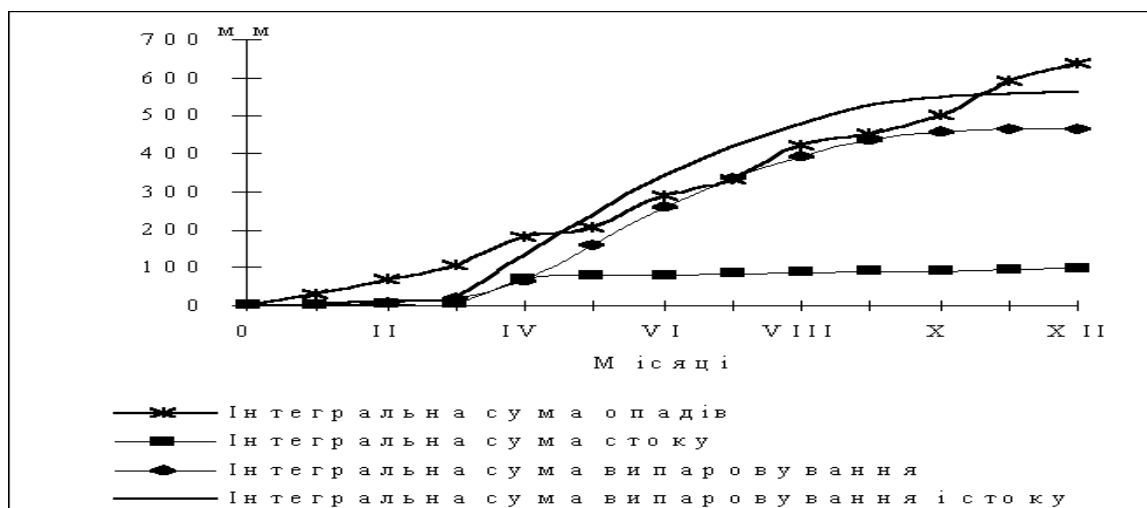


Рис. 3.1. Комплексний інтегральний графік елементів водного балансу

Контрольні запитання:

1. Яке значення має кругообігу води на Земній кулі?
2. Які чинники визначають кругообіг води у природі?
3. Назвіть і проаналізуйте основні ланки великого і малого кругообігів.
4. За якою схемою відбувається внутрішньоматериковий кругообіг?
5. Які оболонки земної кулі зв'язує великий кругообіг?
6. Яке значення кругообігу води в природі?
7. Як людська діяльність впливає на кругообіг води?
8. Назвати найбільші безстічні області земної кулі.
9. Які речовини крім води приймають участь у кругообігу?
10. Дайте визначення водного балансу.

Додаток 3

Варіант 1. Водний баланс по місяцях за 2023 календарний рік р. Крошенка (м. Житомир)

Місяць	Елементи водного балансу, мм			
	Опади (X)	Стік (Y)	Випаровування (E)	Зміна запасів води в басейні (S)
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 за 2023 календарний рік р. Путятинка (м. Житомир)

Місяць	Елементи водного балансу, мм			
	Опади (X)	Стік (Y)	Випаровування (E)	Зміна запасів води в басейні (S)
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	