

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний педагогічний університет
Кафедра екології та географії

Котовський І.М.
Крючкова Т.М.
Кундельчук О.П.

ГІДРОЛОГІЯ

Методичні рекомендації для лабораторних занять

Для студентів Інституту природознавства
спеціальності 7.070801. Екологія та охорона навколишнього середовища.

Херсон – 2008

Методичні рекомендації затверджені на засіданні Вченої Ради Інституту природознавства Херсонського державного університету (протокол № 7 від 24.03.2008 р.)

Методичні рекомендації обговорені на засіданні кафедри екології та географії (протокол № 7 від 12.03.2008 р.)

Укладачі: Котовський І.М. - кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та географії; Крючкова Т.М. – асистент кафедри екології та географії, Кундельчук О.П. – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії.

Котовський І.М., Крючкова Т.М., Кундельчук О.П. Гідрологія: методичні рекомендації для лабораторних занять. – Херсон: «Айлант», 2008

Для студентів Інституту природознавства спеціальності 7.070801 «Екологія та охорона навколишнього середовища».

Котовський І.М.,
Крючкова Т.М.,
Кундельчук О.П.,
2008

Тема: Фізичні та хімічні властивості води. Частина 1.

Завдання 1.

- 1) Проаналізуйте дані таблиці № 1. Поясніть зміни в кількості простих (H_2O) та складних ($(\text{H}_2\text{O})_2$, $(\text{H}_2\text{O})_3$) молекул води за умов зміни температури навколишнього середовища.
- 2) Чому при температурі 0°C співвідношення між кількістю молекул гідроля, дигідроля та тригідроля відрізняється, залежно від спрямованості процесу фазового переходу рідина \Leftrightarrow лід?
- 3) Співвідношення між кількістю молекул гідроля, дигідроля та тригідроля при температурах $+4^\circ\text{C}$ і 0°C (в точці переходу рідкої води в лід) є майже однаковим. Чому тоді при $+4^\circ\text{C}$ вода знаходиться в рідкому агрегатному стані, а при температурі 0°C – в твердому агрегатному стані?

Таблиця 1.

Агрегатний стан речовини	Лід		Вода	
	0°C (в точці переходу льоду в рідку воду)	0°C (в точці переходу рідкої води в лід)	4°C (рідка вода)	98°C (газоподібна вода)
H_2O	0%	19%	20%	36%
$(\text{H}_2\text{O})_2$	41%	58%	59%	51%
$(\text{H}_2\text{O})_3$	59%	23%	21%	13%
	100%	100%	100%	100%

Завдання 2. Використовуючи діаграму стану води визначте:

- 1) В якому агрегатному стані знаходиться вода при:
 - а) $p = 10^6 \text{ Па}$ і $T = -20^\circ\text{C}, +20^\circ\text{C}, +120^\circ\text{C}, +320^\circ\text{C}$;
 - б) $T = +120^\circ\text{C}$ і $p = 10^3 \text{ Па}, 10^6 \text{ Па}, 10^9 \text{ Па}, 10^{10} \text{ Па}$.
- 2) Які процеси відбуваються з водою при:
 - а) $p = 10^6 \text{ Па}$ та змінах T^0 від -20°C до $+20^\circ\text{C}$, від $+20^\circ\text{C}$ до -20°C ;
 - б) $p = 10^6 \text{ Па}$ та змінах T^0 від $+150^\circ\text{C}$ до $+300^\circ\text{C}$, від $+300^\circ\text{C}$ до 150°C ;
 - в) $p = 10^2 \text{ Па}$ та змінах T^0 від -20°C до -40°C , від -40°C до -20°C ;
 - г) $T = 140^\circ\text{C}$ та змінах p від 10^6 до 10^4 Па , від 10^6 до 10^{10} Па , від 10^{10} до 10^6 Па і від 10^4 до 10^6 Па .
- 3) Встановіть точку кипіння та точку замерзання води при 10^6 Па .

Завдання 3. Використовуючи дані таблиці 2:

- 1) Побудуйте сумісний графік змінення температури замерзання води та температури найбільшої щільності води в залежності від її солоності.
- 2) При солоності води 5 ‰ :
 - за якої температури щільність цієї води буде максимальною?
 - за якої температури розпочнеться замерзання води цієї солоності?
 - чи буде лід, що утвориться при цьому, мати більшу або меншу щільність порівняно з рідкою водою?
- 3) При солоності води 40 ‰ :

- за якої температури щільність цієї води буде максимальною?
- за якої температури розпочнеться замерзання води цієї солоності?
- чи буде лід, який при цьому утворюється, мати більшу або меншу щільність порівняно з рідкою водою?

4) Розпочинаючи з якого рівня солоності води, лід, який утворюється, буде мати більшу щільність порівняно з рідкою водою?

5) Внаслідок катастрофічного обміління, рівень солоності води в Аральському морі різко підвищився з 10 ‰ в 1961 р до 35 ‰ в 1995 р. До яких змін льодового режиму водоймища це призвело?

Таблиця 2.

Солоність води, ‰	0	5	10	15	20	24,7	30	35	40
T ⁰ замерзання води	0	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,33	-1,6	-1,9	-2,2
T ⁰ найбільшої щільності води	+4	+2,9	+1,9	+0,8	+0,3	-1,33	-2,5	-3,5	-4,5
Порівняння щільності рідкої води і льоду	$\rho_r > \rho_t$								

Завдання 5. Використовуючи наведений нище текст, складіть схему глобального колообігу води в природі.

«В глобальному колообігу води в природі виділяють два ланцюги:

а) океанічний ланцюг, який являє собою цикл, що багаторазово повторюється: випаровування з поверхні океану → перенос водяної пари над океаном → випадіння опадів на поверхню океану → океанічні течії → випаровування води і т.п.;

б) та материковий ланцюг, який також являє собою цикл, що багаторазово повторюється: випаровування з поверхні суші → перенос водяної пари → випадіння опадів над поверхнею суші → поверхневий та підземний стік води → випаровування води і т.п.

Обидва ланцюги зв'язані поміж собою переносом водяної пари з океана на сушу і поверхневим та підземним стоком з суші в океан...».

Завдання 6. Використовуючи дані таблиці 3:

1) Розрахуйте активність водообміну для різних елементів гідросфери.

$$\text{Активність водообміну (рік)} = \frac{\text{Загальний об'єм води (тис. км}^3\text{)}}{\text{Обмінна вода (тис. км}^3\text{/рік)}}$$

2) На підставі отриманих даних зробіть висновок про те, з якої частини гідросфери найбільш швидко і з якої найбільш повільно будуть видалятися забруднюючі речовини?

Таблиця 3.

Елемент гідросфери	Об'єм води,	Обмінна вода,
--------------------	-------------	---------------

	тис. км ³	тис. км ³ /рік
Океан	1370 000	452
Підземні води (всього)	60 000	12
У тому числі - підземні води зони активного водообміну	4 000	12
Полярні льодовики	24 000	3
Поверхневі води суші	2 801	40
У тому числі – річки	1,2	40
Грунтова волога	80	80
Пари атмосфери	14	525
Гідросфера у цілому	1454 000	525

Перелік питань для самоконтролю:

1. Будова молекул води. Формування водневих міжмолекулярних зв'язків.
2. Щільність води.
3. Теплоємність води.
4. Теплопровідність води.
5. Оптичні властивості води.
6. Участь молекул води у створенні парникового ефекту.
7. Ізотопи води.
8. Глобальний колообіг води у природі.

Література

1. Левківський С.С., Хільчевський В.К., Ободовський О.Г., Будкіна Л.Г., Гребінь В.В., Закревський Д.В., Лисого С.М., Падун М.М., Пелешенко В.І. Загальна гідрологія. Підручник. –К.: Фітоцентр, 2000. – 264 с.
2. Чеботарёв А.И. Общая гидрология (Воды суши). – Л.: Гидрометеоиздат. 1975, - 541 с.
3. Пашканг К.В. Практикум по общему землеведению. М «Высшая школа».1962. -158 с.
4. Горев Л.Н, Дорогунцов С.И. Хвесик М.А. Оптимизация экосред. - К: Наукова думка. 1997.

Тема: Фізичні та хімічні властивості води. Частина 2.

Завдання 1. Розчинність газів у воді.

- 1) Наведіть схему розчинення у воді молекул сірководня (H₂S) та кисню (O₂).
- 2) Поясніть, чому у сірководня розчинність у воді майже в 100 разів є вищою, порівняно з киснем (таблиця 1).
- 3) Вміст вуглекислого газу у воді становить 1713 мл/л, а в атмосферному повітрі – 0,3 мл/л (таблиця 1). У чому полягає причина таких значних відмінностей?

Таблиця 1.

Газ	Розчинність у воді, мл/л
Кисень, O ₂	49,22

Азот, N ₂	23,59
Водень, H ₂	21,48
Вуглекислий газ, CO ₂	1713,0
Метан, CH ₄	55,63
Сірководень, H ₂ S	4630,0

Завдання 2. Використовуючи дані таблиці 2, дайте відповіді на наступні запитання:

- 1) Як змінюється розчинність кисню і вуглекислого газу у воді з підвищенням температури?
- 2) Чому при підвищенні температури води від 0⁰С до 40⁰С – розчинність кисню зменшується лише у два рази, а розчинність вуглекислого газу – в три рази?
- 3) Як впливає глобальне потепління клімату на вміст вуглекислого газу в атмосфері? До яких наслідків це призводить?
- 4) Згідно палеонтологічних даних, періоди глобального потепління клімату на Землі супроводжувались значним підвищенням концентрації вуглекислого газу в атмосферному повітрі. Як Ви вважаєте, підвищення вмісту вуглекислого газу в атмосфері призвело до потепління клімату чи потепління клімату призвело до підвищення вмісту вуглекислого газу в атмосфері?

Таблиця 2.

Температура, ⁰ С	Розчинність кисню у воді, мг/л	Розчинність вуглекислого газу у воді, мг/л
0 ⁰ С	69,48	3347
10 ⁰ С	53,70	2319
20 ⁰ С	43,39	1689
40 ⁰ С	30,81	974

Завдання 3. Використовуючи дані таблиці 3:

- 1) обчисліть мінералізацію природних вод (М) – як суму розчинених іонів у воді (мг/л);
- 2) обчисліть солоність природних вод (S) – як тисячну долю від рівня мінералізації:
 $S = 0,001 \cdot M$;
- 3) визначте тип природних вод за рівнем солоності, якщо відомо, що:
 - для пресних вод – $S < 1\text{‰}$,
 - для солоноватих вод – $1\text{‰} < S < 25\text{‰}$,
 - для вод з морською солоністю – $25\text{‰} < S < 50\text{‰}$,
 - для солоних вод (з солоністю, яка перевищує морську) - $50\text{‰} < S$;
- 4) визначте хімічний клас природних вод за аніоном, який переважає у воді, та хімічний тип природних вод – по катіону, який переважає у воді;
- 5) отриманні результати внесіть до таблиці:

Водний об'єкт:	Мінералізація води, М (мг/л)	Солоність води, S ‰	Тип води за рівнем солоності	Хімічний клас і тип води:
1.				

Таблиця 3. Хімічний склад природних вод (мг/л)

Водний об'єкт:	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
р. Колорадо	108,4	199,0	159,5	105,8	9,5	102,7
р. Дон	260,0	112,0	44,0	82,0	18,0	52,2
оз. Байкал	58,6	4,4	2,0	15,2	4,4	4,9
оз. Балхаш	492,7	893	574	25,1	164	694
артезианські води силурійські	-	91	57	104	53	-
артезианські води середньодевонські	250	2	2	54	16	230

Завдання 4. Використовуючи дані таблиці 4:

- 1) побудуйте графіки залежності вмісту основних аніонів і катионів в складі природних вод від рівня їх мінералізації. Для цього на горизонтальній вісі відкладіть величини солоності води, а на вертикальній вісі – концентрацію кожного з іонів. Побудуйте окремо графіки для аніонів і катионів.
- 2) встановіть за допомогою графіків, які аніони і катіони є найбільш представленими у прісних, соленоватих та солоних водах;
- 3) зробіть висновки про залежність хімічного складу води від рівня її мінералізації.

Таблиця 4.

Солоність води, ‰	0,01	0,1	1	10	100
Аніони:					
HCO_3^-	25%	50%	30%	5%	0%
SO_4^{2-}	10%	15%	30%	55%	8%
Cl^-	5%	8%	12%	55%	60%
Катіони:					
Ca^{2+}	12%	15%	25%	10%	5%
Mg^{2+}	6%	6%	8%	16%	8%
Na^+	12%	15%	18%	30%	40%

Перелік питань для самоконтролю:

1. Механізм розчинення газів у воді.
2. Залежність розчинності газів у воді від температури і тиску.
3. Типи взаємодії мінералів та гірських порід з водою.
4. Обчислення мінералізації та солоності води.
5. Типи води за рівнем солоності. Фізичне обґрунтування виділення даних типів води.
6. Класи і групи природних вод за хімічним складом. Квадрат С.А. Щукарева.
7. Залежність між солоністю води та її хімічним класом і групою.

Література:

1. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д. Общая гидрология. М: Высшая школа, 1991.
2. Самарина В.С. Гидрогеохимия. Л, 1977.

Тема: Гідрологія льодовиків

Завдання 1. Висота снігової лінії над рівнем моря

Використовуючи дані таблиці 1:

- 1) Побудуйте графіки залежності висоти снігової лінії над рівнем моря від широти місцевості для Північної та Південної напівкулі. По горизонтальній вісі відкладіть широту місцевості в градусах (масштаб: 1 см = 10°). По вертикальній вісі відкладіть висоту снігової лінії над рівнем моря, в метрах (масштаб: 2 см = 1000 м).
- 2) Чому у Південній напівкулі снігова лінія розташована нижче над рівнем моря порівняно з Північною напівкулею?
- 3) Нанесіть на графік висоту снігової лінії над рівнем моря для території України, якщо відомо, що Україна лежить між 44°23' і 52°22' північної широти.
- 4) Чи є можливим формування льодовиків на території України, якщо найбільш висока точка Карпат – гора Говерла - лежить на висоті 2061 м над рівнем моря?

Таблиця 1.

Широта місцевості, °	Висота снігової лінії над рівнем моря:	
	Північна напівкуля:	Південна напівкуля:
0° – 10°	4675	4720
10° – 20°	5470	5780
20° – 30°	5250	5300
30° – 40°	4900	3200
40° – 50°	3170	1700
50° – 60°	2500	370
60° – 70°	1150	0
70° – 80°	790	0
80° – 90°	650	0

Завдання 2. Розрахуйте тиск у товщі льодовика (в атмосферах і паскалях) на глибинах: 1) 1 м; 2) 100 м; 3) 1000 м, якщо відомо, що на поверхню льодовика тисне 1 атмосфера повітря і на кожні 10 метрів глибини тиск збільшується на 1 атмосферу. (1 атмосфера = 10⁵ Па)

Щільність льоду – 0,9 г/см³. Щільність води – 1 г/см³.

Завдання 3. Внутрішня абляція льодовиків.

Використовуючи діаграму агрегатних станів води:

- 1) встановіть, в якому агрегатному стані знаходиться вода при T = -10°C і P = 10⁵ Па, при T = -10°C і P = 10⁸ Па.
- 2) на підставі отриманих даних поясніть причини внутрішнього танення льодовиків при від'ємних температурах.

Завдання 4. Якої товщини повинен бути льодовик, для того, щоби розпочалось його внутрішнє танення: а) при температурі навколишнього середовища -1°C; б) при температурі навколишнього середовища -5°C.

Для вирішення задачі використовуйте діаграму станів води, а також інформацію, отриману Вами під час виконання завдань 2 і 3:

- на поверхню льодовика тисне 1 атмосфера повітря;
- на кожні 10 метрів глибини тиск зростає на 1 атмосферу;

- 1 атмосфера = 10^5 Па.

Завдання 5. В наслідок процесів геоecологічної трансмісії на льодовики з вітром переносяться промислові і транспортні забруднюючі речовини у формі аерозолів, які містять сполуки важких металів, сажу, гербіциди та інші неорганічні і органічні речовини.

1) Використовуючи дані таблиці 1 і формулу 1, розрахуйте сумарну мінералізацію важкими металами поверхового шару льодовиків Бадамістон і Енілчек.

$$C (^{\circ}/_{00}) = m_M / m_L \cdot 1000 ^{\circ}/_{00}$$

де: $C (^{\circ}/_{00})$ – мінералізація льоду, у проміле; m_M – маса важких металів, мг; m_L – маса льоду, мг.

Таблиця 1. Вміст металів в льодовиках Центральної Азії (мкг на 1000 мг льоду) (за даними Диких, 2000).

Льодовик	Рік	Нікель	Залізо	Мідь	Цинк	Свинець
Бадамістон	1987-88	151	3030	< 5	216	176
Енілчек	1983-84	71	21200	37	335	19,5

2) Використовуючи дані таблиці 2, встановіть, за якої температури повітря може розпочатись таяння поверхового шару льодовиків Бадамістон і Енілчек, забруднених важкими металами.

Таблиця 2.

Рівень мінералізації води, $^{\circ}/_{00}$	0	5	10	15	20	24,7	30	35	40
Температура замерзання, $^{\circ}C$	0	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,33	-1,6	-2,0	-2,2

Перелік питань для самоконтролю:

1. Снігова смуга.
2. Льодовик. Механізм формування льодовику. Фірн. Процес режеляції.
3. Механізм руху льодовика.
4. Фактори, які впливають на швидкість руху льодовика.
5. Робота льодовика. Екзорація. Морена.
6. Джерела живлення льодовика.
7. Танення льодовиків. Типи абляції. Режим танення льодовиків.
8. Екологічні проблеми льодовиків.

Література

1. Левківський С.С., Хільчевський В.К., Ободовський О.Г., Будкіна Л.Г., Гребінь В.В., Закревський Д.В., Лисого С.М., Падун М.М., Пелешенко В.І. Загальна гідрологія. Підручник. –К.: Фітоцентр, 2000. – 264 с.
2. Неклюкова Н.П. Общее землеведение. М. Просвещение. 1976. – 335 с.
3. Чеботарёв А.И. Общая гидрология (Воды суши). – Л.: Гидрометеиздат. 1975, - 541 с.

Тема: Гідрологія підземних вод

Завдання 1. В наслідок технологічної аварії зі сховища відходів в ґрунти попала значина кількість водорозчинних токсичних речовин.

- 1) На підставі даних таблиці 1, побудуйте схему можливого руху забруднюючих речовин до дзеркала ґрунтових вод і їх наступного вірогідного переміщення з ґрунтовими водами на прилеглі території.
- 2) Використовуючи формулу Дарсі і дані таблиць 1 і 2, розрахуйте:
 - через який проміжок часу забруднюючі речовини досягнуть дзеркала ґрунтових вод, якщо відомо, що підстелюючі гірські породи складені крупнозернистими пісками;
 - з якою швидкістю забруднюючі речовини будуть мігрувати з ґрунтовими водами за профілем рельєфу, якщо профіль складений крупнозернистими пісками?
 - через який проміжок часу забруднюючі речовини з ґрунтовими водами досягнуть прилеглих с/г територій, розташованих біля межі санітарної зони сховища – т.т., за 100 метрів від сховища відходів?
 - чи відповідає ширина санітарної зони екологічним нормативам, якщо відомо, що період повного розпаду токсинів, які зберігались на об'єкті, становить біля 10 років?

Формула Дарсі (1): $V = k \cdot i$

де: V – швидкість фільтрації ґрунтових вод;
 k – коефіцієнт фільтрації, м/добу;
 i – напорний градієнт (ухил поверхні),
 (під час вертикального просочування води в ґрунтах $i = 1$).

Напорний градієнт: $i = (A-B)/C$

де: i – напорний градієнт;
 A – висота поверхні дзеркала ґрунтових вод над рівнем моря в пункті А, м;
 B – висота поверхні дзеркала ґрунтових вод над рівнем моря в пункті В, м;
 C – відстань між пунктами А і В, м. (в завданні - відстань між пунктами А і В становить 10 км).

Таблиця 1.

Об'єкт	Висота над рівнем моря, м	Глибина залягання ґрунтових вод, м	Висота дзеркала ґрунтових вод над рівнем моря, м
Пункт А: Сховище відходів	51 м	5 м	46 м
Пункт В:	10 м	2 м	8 м

Таблиця 2.

Горна порода	Пісок крупний	Пісок середній	Пісок мілкий	Пісок пилюватий	Су-пісок	Су-глинок	Глина
Коефіцієнт							

фільтрації, м/добу	25-55	10-25	5-10	2-5	1-2	0,1-1	0,1- 0,001
-----------------------	-------	-------	------	-----	-----	-------	---------------

Завдання 2. Використовуючи дані таблиці 3 і формулу (2) (за Рудько, Гамеляк, 2003), розрахуйте висоту капілярного підняття води для різних гірських порід:

а) для піску ($def = 0,1$ мм) і пилюватого ґрунту ($def = 0,01$ мм) якщо пористість порід дорівнює 50% (т.т., $n=0,5$);

б) для глинистих порід ($def = 0,001$ мм) різної пористості ($n_1=0,5$ і $n_2=0,8$).

Зробіть висновки про те, які фактори впливають на висоту капілярного підняття води в ґрунтах.

Таблиця 3 (за Чеботаревим, 1975).

Фракції гірських порід	Розмір часток, мм
Глина	0,001 і менше
Іл	0,001-0,01
Пил	0,01-0,1
Пісок	0,1-1,0
Гравій	1,0-10,0
Галька	10-100
Валуни	Більше 100 мм

$$h_k = \frac{0,446}{def} \times \frac{(1-n)}{n} \quad (2)$$

де: h_k – висота капілярного підняття води, см;

def – діаметр часток гірської породи або діаметр пор, мм;

n – пористість породи в долях одиниці (кількість пор на одиницю поверхні);

0,446 – числовий коефіцієнт кореляції, який дозволяє показати, як змінюється висота капілярного підняття води в сантиметрах при зміні діаметру капілярів в міліметрах.

Завдання 3. Під час випадання опадів у вигляді дощу або внаслідок танення снігу, зазвичай, відбувається підняття рівня ґрунтових вод. Результати експериментальних досліджень показали, що при одній й тій самій кількості опадів, чим ближче до поверхні землі залягають ґрунтові води - тим більша висота їх підняття (див. таблицю 4).

Таблиця 4 (за Чеботаревим, 1975).

Вихідна глибина залягання ґрунтових вод, м	2-2,5 м	3 м	3,5 м	5,0 м
Підняття ґрунтових вод (у мм на 1 мм опадів)	5,0 мм	4,0 мм	3,0 мм	2,5 мм

1) Використовуючи дані таблиці 2 і формулу (1), розрахуйте, за якої кількості дощових опадів капілярна кайма ґрунтових вод досягне поверхні землі, якщо: вихідна глибина залягання ґрунтових вод 2 м; ґрунти ілісті ($def=0,005$ мм); пористість породи 42% ($n=0,42$). Намалуйте схему розміщення ґрунтових вод для полегшення виконання завдання.

2) Використовуючи результати виконання завдання 1, формулу для розрахунку висоти капілярного підняття води (2) і дані по впливу максимальної одноразової кількості опадів на висоту підняття рівня ґрунтових вод (таблиця 4), підтвердить або спростуйте Ваші висновки щодо дотримання або не дотримання екологічних нормативів при встановленні розмірів санітарної зони для сховища відходів на даній території. Максимальна разова кількість дощових опадів на даній території становить 200 мм.

Рішення задач

Задача 1.

У 1955 р. було побудоване Каховське водосховище. У середині 90^х років розпочалось підтоплення території Херсонської області ґрунтовими водами. Вважають, що існує декілька причин цього явища:

- 1) загальне потепління клімату і підймання вод Світлового океану;
- 2) система зрошувальних каналів на території Херсонської області і порушення роботи дренажної системи;
- 3) додаткова фільтрація води з днища водосховища.

Підтвердить або спростуйте третю з можливих причин підтоплення, якщо відомо наступне:

- висота над рівнем моря в районі Каховського водосховища – 100 м;
- висота над рівнем моря в районі підтоплення територій – 0 м;
- відстань між Каховським водосховищем і підтопленими територіями – біля 87,5 км;
- підстелюючі гірські породи складені лесами і вапняками (коефіцієнт водопроникності порід дорівнює 0,1 метр за добу).
- час підтоплення територій – через 40 років після початку експлуатації водосховища.

Задача 2.

1) Розрахуйте ширину санітарної зони для шламосховища промислових відходів, якщо за результатами геолого-розвідувальних робіт відомо, що:

- підстелюючі гірські породи складені пілуватими пісками;
- висота місцевості над рівнем моря 264 метри;
- відстань між свердловинами буріння 350 метрів;
- глибина залягання дзеркала ґрунтових вод від поверхні землі становить у першій свердловині - 2 метри, у другій свердловині – 3 метри;
- період повного розпаду промислових відходів, які складуються у шламосховищі – 15 років.

2) Розрахуйте висоту капілярного підняття ґрунтових вод за межами санітарної зони шламосховища, якщо відомо, що пористість підстелюючої гірської породи складає 37%. Зробіть висновок щодо правильності розрахованих у завданні № 1 розмірів санітарної зони.

3) Розрахуйте висоту можливого додаткового підтягування ґрунтових вод, спровокованих ливневими дощами, якщо відомо, що разова кількість опадів на даній території може становити біля 150 мм.

Перелік питань для самоконтролю:

1. Гравітаційні підземні води: вірховодка, ґрунтові води, міжпластові води (напорні

- і ненапорні води).
2. Негравітаційні підземні води: адсорбційна, плівкова, капілярна вода. Особливі фізичні властивості негравітаційної води.
 3. Джерела живлення підземних вод. Походження підземних вод.
 4. Рух гравітаційної води. Водопроникність породи.
 5. Гідравлічний градієнт. Формула А. Дарсі.
 6. Побудова гідрогеологічних карт. Ізогіпси. Гідроізогіпси.
 7. Рух негравітаційної води. Рівень капілярного підймання води.
 8. Фактори, які впливають на рівень підземних вод.
 9. Типи водного режиму територій за Г.М Висоцьким – А.А. Роде.
 10. Хімічний склад підземних вод.
 11. Вертикальна і горизонтальна зональність хімічного складу підземних вод.
 12. Оцінка агресивності підземних вод.
 13. Робота підземних вод: суфозія, карст, зсуви, пливуні (дійсні пливуні і псевдопливуні).

Література:

1. Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія. Геохімічний аспект: Навч. Посібник. – Чернівці: Рута, 2002.- 272 с.
2. Клименко М.О., Прищепа А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля: Підручник. – К.: Видавничий центр «Академія». 2006. – 360 с.
3. Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В. Загальна екологія: Практичний курс. Частина 1. Чернівці: Рута, 2003. – 320 с.
4. Рудько Г.І., Гамеляк І.П. Основи загальної, інженерної та екологічної геології. Чернівці. «Букрек», 2003, - 423 с.
5. Чеботарёв А.И. Общая гидрология (Воды суши). – Л.: Гидрометеоздат. 1975, - 541 с.

Тема: Гідрологія річок

Завдання 1. Розрахуйте ухил річки, якщо падіння річки становить 0,3 метри на 1 кілометр.

Падіння річки – це різниця височин двох довільних точок водної поверхні в метрах за довжиною річки.

Ухил річки – це відношення величини падіння до довжини річки на даній ділянці.

$$i = (h_1 - h_2) / 1000d$$

де: i - ухил річки (величина безрозмірна);
 $h_1 - h_2$ – падіння річки (м);
 d – довжина річки на даній ділянці (км).
(Левківський та ін., 2000).

Завдання 2. Використовуючи формулу Шезі, розрахуйте середню швидкість потоку річки на ділянці, середня глибина якої дорівнює 15 м, ухил водневої поверхні становить 0,0003 і коефіцієнт шорсткуватості русла дорівнює 7.

Формула Шезі використовується для обчислення середньої швидкості турбулентного руху води:

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

- де: V – середня швидкість турбулентного потоку води, м/с;
 C - коефіцієнт, який відображує ступінь шорсткуватості русла ($C \sim 1/p$, де p - визначається за шкалою шорхуватості, див. таблицю);
 i – ухил водної поверхні на даній ділянці річки;
 R – гідравлічний радіус (під час проведення практичних розрахунків з використанням формули Шезі, значення гідравлічного радіусу замінюють середньою глибиною протоку).

Класифікація руслових коефіцієнтів природніх водотоків (за Пашкангом, 1962):

Категорія	Характеристика русла	Коефіцієнт шорсткуватості русла, p
1.	Природні русла з вільною течєю (чисті, прямі, незасорені, земляні)	1,25
2.	Русла постійних водотоків рівнинного типу (переважно великих і середніх річок) майже прямі і дуже слабо засорені	2,00
3.	Порівняно чисті русла постійних рівнинних водотоків за звичайних умов, звивісті, з деякими неправильностями у спрямуванні струй або прямі, але з неправильностями у рельєфі дна (відмілини, промоїни, місцями каміння).	2,75
4.	Русла великих і середніх річок, значно засорені, звивісті і частково зарослі, каменисті, з неспокійною течєю	3,75
5.	Русла періодичних водотоків, дуже засорені і звивісті, порівняно зарослі, нерівні, погано розроблені. Гальково-валунні русла гірського типу з неправильною поверхнею водного дзеркала, порожисті ділянки рівнинних річок.	5,50
6.	Річки, значно зарослі, зі слабкою течєю. Валунні, гоірського типу русла з бурхливою, пінистою течєю	7,00
7.	Гірсько-водоспадного типу русла, з крупновалунним звивистим річищем, перепади яскраво виражені, дуже пінисті – внаслідок цього, вода втрачає прозорість і має біле забарвлення.	9,00
8.	Потоки типу сельових, які складаються з грязі, каміння.	20,00

Завдання 3. Розрахуйте витрати води і середній річний об'єм стоку на одній з ділянок річки Дніпр, якщо середня швидкість потоку на даній ділянці становить 0,67 м/с, а площа живого перерізу річки дорівнює 7500 м^2 . Рік складається з $31,54 \cdot 10^6$ секунд.

Витрати води – це кількість води, яка протікає крізь живий перерз річки за одиницю часу.

$$Q = V \cdot W \quad \text{де: } Q \text{ – витрати води, } \text{м}^3/\text{с}; V \text{ – середня швидкість течії, м/с}; \\ W \text{ – площа живого перерізу річки, } \text{м}^2. \text{ (Левківський та ін., 2000).}$$

Площа живого перерзу річки – це та частина водного січіння річки, де спостерігається течія води. Площа живого перерзу річки встановлюється шляхом виміру на даній ділянці ширини річки і глибин русла вздовж поперечного перерізу річки.

Об'єм стоку – це витрати води річкою за певний проміжок часу (доба, місяць, рік).

$W = Q \cdot T$ де: W – об'єм стоку, м^3 ; Q – витрати води, $\text{м}^3/\text{с}$; T – час, с.
(Левківський та ін., 2000).

Завдання 4. Розрахуйте потужність річки на даній ділянці.

А) Річка Волга на одній з ділянок нище гирла р. Ками має падіння 3 см на кілометр і середню багаторічну витрату води біля $7600 \text{ м}^3/\text{с}$. Розрахуйте середню багаторічну потужність річки на даній ділянці.

Б) Розрахуйте потужність гірської річки, у якої витрати води дорівнюють $76 \text{ м}^3/\text{с}$, падіння – 3 м на 1 км.

Зробіть висновок про те, які фактори впливають на потужність річки.

Потужність річки – це робота, яку здійснює річковий потік за одиницю часу.

$N = g \cdot Q \cdot (h_1 - h_2)$ де: N - потужність, яку розвиває річка на 1 км своєї довжини;
 g – прискорення вільного падіння, $9,8 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$;
 Q – витрати річки, $\text{м}^3/\text{с}$; $(h_1 - h_2)$ – падіння річки, м.
(за Чеботаревим, 1975).

Завдання 5. Використовуючи закон Ері, розрахуйте масу часток донних відкладень, які можуть бути перенесені річкою, у якої швидкість течії становить: а) $0,8 \text{ м/с}$ – швидкість рівнинної річки; б) 8 м/с - швидкість селевого потоку гірської річки. На підставі аналізу закономірності Ері поясніть, чому гірські річки спроможні переносити великі кам'яні брили і валуни.

$$M = A \cdot V^6$$

де: M – маса часток, які можуть бути перенесені водою, г;
 A – постійний коефіцієнт (прийміть $A = 1$);
 V – швидкість течії річки, м/с . (Левківський та ін., 2000).

2) Швидкість придонної течії річки в районі скиду стічних вод у середньому складає біля $0,1 \text{ м/с}$. Маса окремих часток, які попадають до річки у складі стічних вод не перевищує 1 мг. Чи будуть дрібнодисперсні фракції забруднюючих речовин мігрувати вздовж русла річки або вони будуть осідати на дно в районі скиду стічних вод? Чи зміниться ситуація в період весняної повені, коли швидкість придонної течії збільшиться до $0,5 \text{ м/с}$?

3) У пониззях річки Дніпр у складі донних відкладень були виявлені радіоактивний цезій і стронцій, які потрапили у навколишнє середовище в наслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Дослідження, проведені вище по руслу, подібного накопичення радіоактивних елементів у донних відкладеннях не виявили. Поясніть даний феномен використовуючи закон Ері.

Завдання 6. Розрахуйте час прибуття хвилі скиду до м. Херсон після позапланового спуску води з Каховського водосховища, якщо відстань між Каховським водосховищем і м. Херсон становить біля 70 кілометрів, швидкість поверхневої течії на даній ділянці річки за звичайних умов не перевищує $0,5 \text{ метрів}$ за секунду. Відомо, що швидкість руху гребню паводку у 2 рази перевищує швидкість поверхневої течії.

Рішення задач

Варіант № 1

В наслідок аварійного скиду неочищених стічних вод до річки Дніпр в районі м. Київ потрапила значна кількість забруднюючих речовин. Питома вага вод аварійного скиду перевищує одиницю. Використовуючи формулу Шезі, встановіть середню швидкість переносу забруднюючих речовин з током води по р. Дніпр і час приходу забруднюючих речовин на ділянку р. Дніпр в районі гори Півоха, яка розташована на лівому березі Кременчузького водосховища, якщо відомо, що:

- середня глибина даної ділянки річки дорівнює 5 м;
- коефіцієнт шорсткуватості русла дорівнює 7;
- висота поверхні води над рівнем моря складає в районі м. Київ біля 214 м, в районі гори Півоха – 168 м, і відстань між м. Київ і г. Півоха становить біля 225 кілометрів.

Варіант № 2

В наслідок аварійної посадки на міліну транспортної баржі і розгерметизації її вантажних відсіків до річки потрапили відходи хімічного виробництва, які транспортувались для захоронення. За який проміжок часу і які забруднюючі речовини з річковим потоком досягнуть населеного пункту, який розташований нище за течєю річки, якщо відомо, що:

- висота поверхні річки над рівнем моря в місці аварії баржі складає 374 м;
- висота поверхні річки над рівнем моря в районі населеного пункту складає 214 м;
- відстань між місцем аварії і населеним пунктом становить 150 км;
- на даній ділянці річки коефіцієнт шорсткуватості русла дорівнює 4 і середня глибина русла складає біля 7 м;
- швидкість поверхневої течії річки складає біля 1,3 м/сек;
- швидкість придонної течії на даній ділянці річки становить біля 0,2 м/сек;
- відходи хімічного виробництва, які потрапили до річки, складаються з двох фракцій: рідкої вуглеводневої (щільність якої є меншою порівняно зі щільністю води) і дисперсної, яка складається з часток масою 7-10 мг.

Варіант № 3

В наслідок аварії на атомній електростанції до річки потрапили радіоактивні відходи. За який проміжок часу і які забруднюючі речовини з річковим потоком досягнуть населеного пункту, який розташований нище за течєю річки, якщо відомо, що:

- забруднюючі речовини складаються з двох дисперсних фракцій: части масою 90-110 мг, які містять радіоактивний цезій, і частки масою 130-160 мг, які містять радіоактивний стронцій;
- швидкість поверхневої течії на даній ділянці річки - біля 2,6 м/сек;
- швидкість придонної течії на даній ділянці річки – біля 0,7 м/сек;
- відстань між місцем аварії і найблищим населеним пунктом складає 93 км;
- висота поверхні річки над рівнем моря в місці аварії становить 354 м;
- висота поверхні річки над рівнем моря в районі населеного пункту - 107 м;
- на даній ділянці річки коефіцієнт шорсткуватості русла дорівнює 9, середня глибина русла - біля 4 м.

Перелік питань для самоконтролю:

1. Джерела живлення річок. Басейн річки.
2. Водорозділ: поверхневий і підземний.
3. Методи виміру швидкості течії річки.
4. Побудова карти швидкостей течії річки. Ізотахи.
5. Розрахунок падіння річки і ухилу річки.
6. Розрахунок середньої швидкості течії річки за формулою Шезі.
7. Розрахунок витрат води річкою і об'єму стоку річки.
8. Побудова гідрографу.
9. Фактори, які впливають на об'єм стоку річки.
10. Гідрологічний рік.
11. Закономірні зміни рівню води в річці. Повінь. Межень.
12. Випадкові зміни рівню води в річці. Паводок.
13. Прогноз повені і паводку.
14. Виміри рівня води в річці.
15. Штучне регулювання рівня води в річці і річного стоку.
16. Джерела річкових наносів. Типи річкових наносів.
17. Сальтація. Причини сальтації.
18. Врахування явища сальтації в екологічних дослідженнях.
19. Закон Ері.
20. Сель. Причини виникнення.
21. Хімічний склад річкової води і його можливі зміни протягом року.
22. Річний стік розчинених в річковій воді речовин.

Література

1. Левківський С.С., Хільчевський В.К., Ободовський О.Г., Будкіна Л.Г., Гребінь В.В., Закревський Д.В., Лисого С.М., Падун М.М., Пелешенко В.І. Загальна гідрологія. Підручник. –К.: Фітоцентр, 2000. – 264 с.
2. Чеботарев А.И. Общая гидрология (Воды суши). – Л.: Гидрометеиздат. 1975, - 541 с.
3. Пашканг К.В. Практикум по общему землеведению. М «Высшая школа». 1962. – 158 с.

Тема: Гідрологія озер і водосховищ

Завдання 1. Амплітуда змін рівня води в озері.

Амплітуда змін рівня води в озері залежить від змінення кількості опадів і температури навколишнього середовища. Використовуючі дані таблиці 1 (за Чеботаревим, 1975), встановіть від яких ще факторів, окрім кліматичних, може залежати амплітуда змін рівня води в озері.

Таблиця 1.

Озеро	Площа водосбору, км ³ (F)	Площа озера, км ² (S)	A=F/S	Амплітуда рівня води в озері, см
Ільмень	67450	1100	91	420
Ладозьке	254000	18000	14	80

Біле	13956	1200	14	116
Кубенське	15100	378	40	360

Завдання 2. Проточність озера

Проточність озера (час утримання води в озері) – це кількість часу, який є необхідним для одиниці об'єму води, яка потрапила до озера, для виходу з нього.

1) Використовуючи дані таблиці 2 (за Чеботаревим, 1975), розрахуйте проточність озера і внесіть отримані дані до таблиці:

$W = V/Q$ де: W – проточність озера (величина безрозмірна);
 Q – середній річний сток води, км³;
 V - об'єм води в озері, км³.

Таблиця 2.

Озеро	Об'єм води, км ³ (V)	Річка, яка витікає з озера	Сток води, км ³ (Q)	Проточність озера (W=V/Q)
Біле	4,75	Шексна	11,86	
Зайсан	7,40	Іртиш	7,92	
Ільмень	2,0	Волхів	18,20	
Селігер	1,3	Селіжарівка	0,59	

Завдання 3. Показник проточності озера (час утримання води в озері) впливає на встановлення величини гранично допустимих концентрацій токсичних речовин, які потрапляють зі стічними водами до озера.

1) Якщо експериментально встановлені норми скиду токсичних речовин розраховані на проточність озера, яка дорівнює 0,1, як повинні змінитись значення гранично допустимих концентрацій токсичних речовин в стічних водах для озера Зайсан і Селігер?

2) Чи повинні бути змінені нормативи гранично допустимих концентрацій токсичних речовин в стічних водах, якщо щільність стічних вод, які скидаються до озера Ільмень у два рази перевищують щільність води?

Завдання 4. Замулення водосховищ.

1. Використовуючи дані таблиці 5 (Неклюкова, 1975), поясніть можливі причини різної швидкості замулення водосховищ Мак-Мілан і Муррінджук.

2. Які ще фактори будуть сприяти швидкому заїленню водосховищ?

Таблиця 5.

Водосховище	Площа басейну, тис. км ²	Об'єм, млн. м ³	Період спостережень	Замулення (в %) об'єму водосховища	
				За період спостережень	В середньому за рік
Мак-Мілан (Нова Мексика)	78,0	111	1894-1933	55,5	1,42
Муррінджук (Австралія)	12,9	950	1910-1924	0,52	0,04

Перелік питань для самоконтролю:

1. Типи озер за походженням озерної котловини.
2. Джерела живлення озер і шляхи витрати води озером.
3. Типи озер за наявністю поверхневого притоку і відтоку води.
4. Внутрішньорічні і надрічні зміни водного живлення озер.
5. Хімічний склад озерних вод.
6. Відмінності хімічного складу річкових і озерних вод.
7. Двошаровість озер.
8. Типи озер за вмістом органічної речовини в озері: оліготрофні, евтрофні, дистрофні.
9. Еволюція озер і водосховищ.

Література:

1. Неклюкова Н.П. Общее землеведение. М. Просвещение. 1976. – 335 с.
2. Чеботарёв А.И. Общая гидрология (Воды суши). – Л.: Гидрометеиздат. 1975, - 541 с.

Тема: Гідрологія боліт

Завдання 1. Пористість, вологоємність і капілярні властивості торфу

1) Використовуючи дані таблиці 1, поясніть причини високої вологоємності торфу порівняно з іншими гірськими породами.

Таблиця 1.

Пористість різних порід і кількість води, яка може міститись в породах за повної вологоємності

Порода	Пісок	Суглинки, глини	Торф
Пористість, %	28%	50%	89%
Кількість води в породі у стані повної вологоємності, кг/м ³	259	620	900

Повна вологоємність – це максимальна кількість води, яка може бути утримана ґрунтом.

2) Використовуючи формулу 1 (Рудько, Гамеляк, 2003), розрахуйте висоту капілярного підняття води у торфі і глині, якщо діаметр часток торфу складає біля 0,01 мм, а глини – 0,001 мм. Значення пористості порід наведені в таблиці 1.

$$hk = \frac{0,446}{def} \times \frac{(1-n)}{n} \quad (1)$$

де: hk – висота капілярного підняття води, см;

def – діаметр часток гірської породи або діаметр пор, мм;

n – пористість породи в долях одиниці (кількість пор на одиницю поверхні);

0,446 – числовий коефіцієнт кореляції, який дозволяє показати, як зміниться висота капілярного піднімання води в сантиметрах при зміні діаметру капілярів в міліметрах.

3) На підставі отриманих даних поясніть, які властивості торфу дозволяють використовувати його в якості природнього ізоляційного матеріалу під час будівництва днищ і стінок шламосховищ.

Завдання 2. Витрати води низовими і верховими болотами

Використовуючи дані таблиці 2: 1) розрахуйте у відсотках витрати води болотом на сток і на випаровування; 2) поясніть відмінності у витратах води низовими і верховими болотами.

Таблиця 2.

Середні багаторічні значення складових водного балансу зони боліт Європейської території Росії (за Чеботаревим, 1975).

Тип болота і його картографічний індекс	Приход води, опади, мм/рік	Витрати води:			
		сток з болота:		випаровування з болота:	
		мм/рік	%	мм/рік	%
Низове болото, О-41	430	100		330	
Низове болото, О-43	460	136		324	
Верхове болото, Q-38	450	218		232	
Верхове болото, P-40	580	292		288	

Завдання 3. Просочування поверхневих вод в болото

1) Використовуючи формулу Дарсі (за Левківським та ін, 2000), розрахуйте час за який дощові опади можуть просочитись до рівня ґрунтових вод у верховому болоті з активним шаром, товщина якого дорівнює 23 см (з яких верхній шар слабкорозкладеного торфу складає 5 см і має коефіцієнт фільтрації 0,015 см/сек і наступний шар середньорозкладеного торфу становить 18 см і має коефіцієнт фільтрації 0,0005 см/сек).

Формула Дарсі: $V = k \cdot i$

де: V – швидкість фільтрації ґрунтових вод;

k – коефіцієнт фільтрації;

i – напорний градієнт (ухил поверхні), (під час вертикального просочування води в ґрунтах $i = 1$).

2) Використовуючи дані таблиці 3 поясніть, які фактори впливають на швидкість фільтрації води крізь торф? Які ґрунти є водоупором у торф'яному болоті?

Таблиця 3.

Коефіцієнт фільтрації торфу, см/сек (за Чеботаревим, 1975)

Ступінь розкладення торфу	Тип болотного масиву:	
	низове болото	верхове болото
Верхній шар слабкорозкладеного торфу (до 10-15% розкладення)	0,002 - 0,01 см/сек (у середньому - 0,005 см/сек)	0,01 – 0,025 см/сек (у середньому - 0,015 см/сек)
Середньорозкладений	0,0002 – 0,003 см/сек	0,00025 – 0,001 см/сек

торф (35-45% розкладення)	(у середньому - 0,0008 см/сек)	(у середньому – 0,0005 см/сек)
Низовий шар сильно розкладеного торфу	біля 0 см/сек (у середньому – 0 см/сек)	біля 0 см/сек (у середньому – 0 см/сек)

Завдання 4. Латеральний стік з болотного масиву

1) Використовуючи формулу Дарсі (див. завдання 3), розрахуйте максимально можливу швидкість латеральної фільтрації води з болотного масиву, якщо максимальний ухил водотривалого шару болота складає 0,01, а середні значення коефіцієнту фільтрації торфу приблизно дорівнюють 0,002 см/сек.

2) Розрахуйте витрати води даним болотом (Q , м³/сек), якщо діаметр болота становить 3 кілометри і товщина залягання болота по зовнішньому контуру становить 1 метр.

Витрати води болотом – це кількість води, яка стікає з болота по зовнішньому контуру за одну секунду.

$$Q = V \cdot w$$

де: Q – витрати води, м³/сек;

V – швидкість латеральної фільтрації води з болотного масиву, м/с
(використовуйте результат, отриманий Вами у завданні 4.1);

w – площа перерізу зовнішнього контуру болота, м².

Площу перерізу зовнішнього контуру болота розрахуйте за формулою:

$$w = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$

де: w – площа перерізу зовнішнього контуру болота, м²; $\pi=3,14$;

r – радіус болота, м;

h – товщина болота по зовнішньому контуру, м.

3) Розрахуйте об'єм річного стоку з даного болота (W , м³/рік) (1 рік = 31536000 сек).

$$W = Q \cdot T$$

де: W – об'єм річного стоку, м³; Q – витрати води, м³/сек; T – час, сек.

4) За відсутності дощового живлення, до яких пір (до якої глибини) верхове болото буде «стікати» на навколишні території?

5) Розрахуйте, на скільки може знизитись рівень ґрунтових вод (Δh) в даному болоті за повної відсутності протягом року атмосферних опадів.

Величина зниження рівню ґрунтових вод:

$$\Delta h = W/S$$

де: Δh – зниження рівню ґрунтових вод, мм;

W – річний стік з болота (використовуйте отримані Вами значення річного стоку з болота, завдання 4.3);

S – площа болота.

Площу болота розрахуйте за формулою еліпсоїду обернення:

$$S = \pi/4 \cdot a \cdot b$$

де: S – площа болота; $\pi = 3,14$; a - і b – максимальний і мінімальний діаметр

болота;

б) За наявності дощових і талих вод щорічний стік з верхових боліт становить біля 200-300 мм на одиницю поверхні. За відсутності атмосферних опадів такий стік складає всього біля 10 мм в рік. Як Ви вважаєте, чи може осушення боліт оказати істотний вплив на живлення річок і озер, які знаходяться на території басейну болотного масиву?

Перелік питань для самоконтролю:

1. Поняття «болото». Відмінність між болотами і заболоченими землями.
2. Походження боліт. Причини заболочування територій.
3. Слоїста структура болота. Еволюція боліт.
4. Типи води, яка міститься у болотних масивах.
5. Вологоємність торфу.
6. Водний баланс болота.
7. Осушення боліт.

Література

1. Левківський С.С., Хільчевський В.К., Ободовський О.Г., Будкіна Л.Г., Гребінь В.В., Закревський Д.В., Лисого С.М., Падун М.М., Пелешенко В.І. Загальна гідрологія. Підручник. –К.: Фітоцентр, 2000. – 264 с.
2. Чеботарёв А.И. Общая гидрология (Воды суши). – Л.: Гидрометеиздат. 1975, - 541 с.

Тема: Гідрологія Світового океану

Завдання 1. Двошаровість Чорного моря.

Поверхневий шар Чорного моря (до 150-200 метрів) характеризується річним коливанням температур води від $+20^{\circ}\text{C}$ до $-1,7^{\circ}\text{C}$ і солоністю 18‰. Для глибинного шару Чорного моря (200-2200 метрів) показана річна температура $+9^{\circ}\text{C}$, солоність 21‰ і підвищений вміст сірководню.

- 1) Дайте схематичне зображення водних шарів Чорного моря.
- 2) Поясніть причини двошаровості Чорного моря.

Завдання 2. Глибина розповсюдження хвиль.

Дослідження показали, що чим довшою є хвиля, тим глибше проникає хвилювання у товщу океану. Використовуючи дані таблиці 1:

- 1) Розрахуйте, на якій глибині висота хвилі зменшиться удвічі, якщо висота хвилі на поверхні океану становить 7 метрів, а довжина хвилі – 250 метрів?
- 2) На якій глибині висота цієї хвилі буде 2,7 сантиметра?
- 3) Найбільші штормові хвилі у Чорному морі сягають висоти 14 метрів при довжині хвилі 200 метрів. Чи спроможний шторм такої сили викликати внутрішні хвилі, якщо глибина залягання хемоклину і термоклину у Чорному морі в зоні шторму коливається в межах 150 метрів? Чи спроможний шторм такої сили спровокувати підймання на поверхню збагачених сірководнем вод глибинного шару моря?

Таблиця 1 (за Неклюковой, 1976)

Глибина (у долях від дов- жини хвилі, λ)	0	$\frac{1}{9} \cdot \lambda$	$\frac{2}{9} \cdot \lambda$	$\frac{3}{9} \cdot \lambda$	$\frac{4}{9} \cdot \lambda$	$\frac{5}{9} \cdot \lambda$	$\frac{6}{9} \cdot \lambda$	$\frac{7}{9} \cdot \lambda$	$\frac{8}{9} \cdot \lambda$	$\frac{9}{9} \cdot \lambda$
Висота хвилі, Н	Н	$\frac{Н}{2}$	$\frac{Н}{4}$	$\frac{Н}{8}$	$\frac{Н}{16}$	$\frac{Н}{32}$	$\frac{Н}{64}$	$\frac{Н}{128}$	$\frac{Н}{256}$	$\frac{Н}{512}$

Завдання 3. Енергія вітрової хвилі.

Енергія вітрової хвилі прямо пропорційна її довжині і квадрату її висоти (Неклюкова, 1975). Обчисліть енергію вітрової океанічної хвилі, висота якої становить 5 метрів і довжина - 100 метрів.

$$E = 1/8 \cdot L \cdot H^2 \cdot W$$

де:

E – енергія хвилі, кВт·час; L – довжина хвилі, м; H – висота хвилі, м; W – енергія одного кубічного метру хвилі ($W = 9,8$ кВт·год/м³).

Завдання 4. Примусові і вільні припливні хвилі.

Примусова припливна хвиля – це хвиля, яка змушено слідує за небесним тілом, яке її викликало (Місяцем, Сонцем). Після того, як небесне тіло, яке викликало вимушену припливну хвилю, проходить даний меридіан – коливальні рухи часток води тривають за інерцією і утворюється припливна хвиля, яка вже розповсюджується як вільна, до тих пір, поки її енергію не буде витрачено на здолаття сил тертя.

1) Розрахуйте швидкість розповсюдження примусової припливної хвилі, в районі екватору, якщо відомо, що примусова припливна хвиля огинає Землю за 24 години. Дліна екватору дорівнює 40075,7 км.

2) Розрахуйте швидкість розповсюдження вільної припливної хвилі при середній глибині океану на даній території 6 км.

$$C = 360 \cdot \sqrt{H}$$

де: C – швидкість розповсюдження вільної хвилі, км /год; H – глибина океану, км (Неклюкова, 1975).

3) За яких умов швидкості розповсюдження вільної і примусової припливних хвиль будуть співпадати?

Завдання 5. Швидкість розповсюдження хвилі цунамі.

1) Розрахуйте швидкість розповсюдження хвилі цунамі: а) при глибині океану 250 метрів; б) при глибині океану 6 кілометрів. Від яких факторів залежить швидкість розповсюдження хвилі цунамі?

$$C = 360 \cdot \sqrt{H}$$

де: C – швидкість розповсюдження вільної хвилі, км/год; H – глибина океану, км (Неклюкова, 1975).

2) Порівняйте швидкість хвилі цунамі і вільної приливної хвилі при глибині океану 6 км. Чому хвиля цунамі викликає катастрофічні руйнування, у той час як припливна хвиля – ні?

Завдання 6. Сейші або стоячі хвилі – це хвилі, які візуально сприймаються як хвилі, які підіймаються і спускаються на одній й тій самій ділянці поверхні води. Стоячі хвилі виникають внаслідок різького перепаду атмосферного тиску над поверхнею водоймища (циклон – антициклон), після припинення дії вітру, який викликав нагон води, під час зустрічі прямої і відбитої від берега хвиль (вітрових або припливно-відпливних). Дослідження сейшевих хвиль є необхідним для встановлення дійсних значень рівня води у водоймищі, для дослідження закономірностей перемішування води у водоймищах з повільним водообміном (озера, середземні моря і т.п.).

- 1) Розрахуйте часову амплітуду одновузлової сейші (період приходу сейші) для Аральського і Чорного морів, використовуючи дані таблиці 2 і формулу Меріана.
- 2) Отримані дані внесіть до таблиці.
- 3) Від яких факторів залежить період приходу хвиль сейші?

Формула Меріана: $\tau = 0,63 \cdot L / \sqrt{H}$

де: τ - період сейші, у секундах; L – довжина водоймища у напрямку коливання сейші, в метрах; H – середня глибина водоймища, в метрах (Чеботарёв, 1975).

Таблиця 2.

Море	Довжина водоймища, м	Середня глибина водоймища, м	Період сейші:	
			у секундах	в годинах
Аральське море	230 000 м	20 м		
Чорне море	580 000 м	1300 м		

Завдання 7. Швидкість дрейфових течій.

Дрейфові течії – це течії, викликані дією постійних вітрів.

$$V = A \cdot \omega / \sqrt{\sin \varphi}$$

де:

V – швидкість дрейфової течії, м/сек; A – вітровий коефіцієнт, який дорівнює 0,013; ω – швидкість вітру, м/сек; φ - широта місцевості (значення синуса кута знайдіть за таблицями В.М.Брадиса) (Неклюкова, 1975).

- 1) Розрахуйте швидкість дрейфової течії за умов швидкості вітру 20 м/сек на широті місцевості 60° .
- 2) Від яких факторів залежить швидкість дрейфових течій?
- 3) Через який проміжок часу після аварійного скиду нафти поблизу узбережжя Турції нафтова пляма досягне берегів півостріву Крим, якщо скид нафти відбувся в зоні впливу західної чорноморської круговії течії. Відстань між місцем скиду і узбережжям півостріву Крим - 334 км, швидкість пануючих вітрів на даний час року - 10 м/сек, широта місцевості - 43° .

Завдання 8. Витрати води океанічними течіями.

1) Розрахуйте, яку кількість теплої води переносить Гольфстрім за одну секунду, якщо на ділянці дослідження глибина цієї течії становить біля 360 метрів, ширина – 200 кілометрів і середня швидкість течії – біля 100 см/сек.

Витрати води – це кількість води, яка протікає крізь площину перерізу океанічної течії за одну секунду.

$$Q = V \cdot w$$

де:

Q – витрати води, м³/с; V – середня швидкість океанічної течії, м/с; w – площа перерізу океанічної течії, м².

Перелік питань для самоконтролю:

1. Структурні елементи Світлового океану.
2. Геологічна будова кори Землі під материками і океанами.
3. Рельєф дна Світлового океану. Методи дослідження рельєфу дна Світлового океану.
4. Побудова батиметричної карти. Ізобати.
5. Щільність океанічної води.
6. Тиск води у глибинах океану. Фізичні властивості води за умов високого тиску.
7. Хімічний склад вод Світлового океану.
8. Методи визначення солоності води.
9. Термічний режим Світлового океану.
10. Конвекція і адвекція у Світловому океані. Причини двошаровості Світлового океану.
11. Відмінності хвилі від течії. Причини виникнення океанічних хвиль.
12. Структурні елементи хвилі.
13. Оцінка ступеню хвилювання океану. Енергія хвилі.
14. Вітрові хвилі.
15. Цунамі.
16. Припливні хвилі.
17. Внутрішні хвилі.
18. Загальна класифікація течій.
19. Постійні дрейфові течії.
20. Періодичні вітрові течії.
21. Періодичні припливні течії.
22. Градієнтні течії.

Література:

1. Брадис В.М. Чотиризначні математичні таблиці. К. Радянська школа. 1986.- 94 с.
2. Неклюкова Н.П. Общее землеведение. М. Просвещение. 1976. – 335 с.
3. Чеботарёв А.И. Общая гидрология (Воды суши). – Л.: Гидрометеоздат. 1975, - 541 с.