

**Лекція.** Водяний режим річок. Фактори річкового стоку. Гідрологія водосховищ

**Мета лекції:** вивчення видів коливання водності річок, засвоєння основних фаз водного режиму, отримання навичок побудови гідрографу річок, засвоєння кількісних характеристик річкового стоку, ознайомлення із гідрологічним режимом водосховищ.

План

1. Види коливання водності річок. Фази водного режиму.
2. Типовий гідрограф річок.
3. Річковий стік. Фактори та кількісні характеристики.
4. Водосховища, їх призначення, типи, характеристики Гідрологічний режим водосховищ.
5. Значення в народному господарстві.

**1. Види коливання водності річок. Фази водного режиму.** Водний режим - це закономірні зміни стоку, швидкості течії, рівнів води та похилів водної поверхні в часі та вздовж ріки.

Водність - відносна величина річкового стоку за той або інший період по зрівнянню з середнім стоком за багаторічний період.

Водоносність - абсолютна середня багаторічна величина стоку (стоку різних річок). Розрізняють наступні види коливання водності річок:

- сторічні коливання, які зумовлені сторічними змінами кліматичних умов та зволоження суші з періодом в сотні і тисячі років;

- багаторічні коливання - це коливання з періодичністю в десятки років;

- синхронні коливання стоку, які виникають у випадках, коли водність різних річок змінюється одночасно в одному і тому ж напрямі (південь Європейської частини колишнього Союзу: Дон, Волга, Кубань, асинхронне коливання стоку характерне для річок Європейської частини та Східного Сибіру);

- сезонні коливання водності – це сезонні зміни складових водного балансу.

- короткочасні коливання водності - це коливання, які зумовлені природними або метеорологічними факторами.

У водному режимі річок відзначається закономірне чергування протягом року періодів підвищеної та низької водності. Ці періоди називають фазами водного режиму. Основними фазами останнього є водопілля, межень літня та зимова, фаза осінніх дощових паводків.

Водопілля – це фаза водного режиму, яка щорічно повторюється в даних кліматичних умовах за один і той же сезон і характеризується найбільшою водністю, високим і тривалим підйомом рівню води (під дією талих снігових та дощових вод). За походженням водопілля може бути сніговим, снігово-дощовим або дощовим. Тривалість водопілля буває від декількох днів на малих річках, до 4-5 місяців на великих. За час весняного водопілля річки проносять біля 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. Паводки - фаза водного режиму, яка багатократно повторюється в різні сезони року та характеризується інтенсивним, короткочасним збільшенням витрат та рівнів води. За часом настання паводки можуть бути зимовими, літніми та протягом усього року.

Паводки поділяють на місцеві (якщо їх сформували дощі, які випали в даному регіоні) та транзитні або верхові, які утворились від дощів, котрі випали вище по течії. Швидкість руху паводкової хвилі  $V$  обчислюється як відношення довжини шляху  $L_{xв}$ , що пройшла хвиля до часу руху  $t$ , тобто  $V=L_{xв}/t$ .

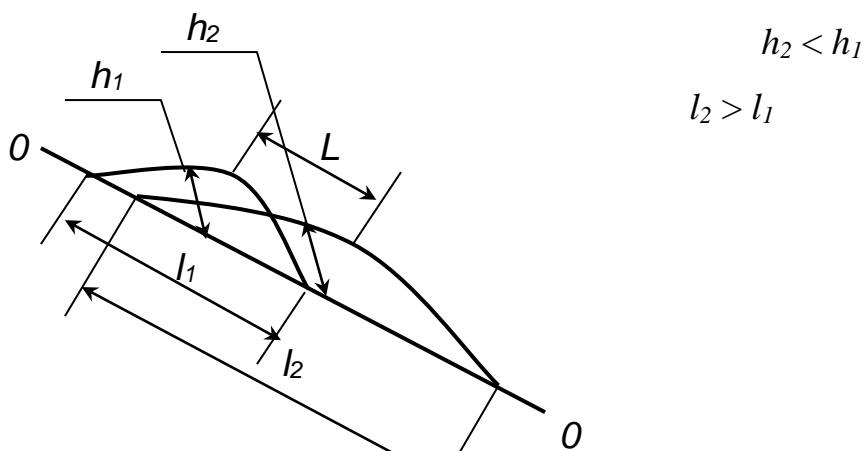


Рисунок 1 – Схема руху паводкової хвилі

$l_1, l_2$  - довжина паводкової хвилі через різні проміжки часу, м;

Паводки на гірських річках рухаються з швидкістю до 4 м/с і більше, рівнинних – 1,0...1,5 м/с.

Межень - фаза водного режиму, яка щорічно повторюється в один і той же сезон, та характеризується малою водністю, тривалим низьким рівнем та виникає внаслідок зменшення живлення ріки.

Літню та зимову межень спостерігають в зоні достатньої вологості, де річки мають достатнє ґрунтове живлення, що забезпечує високий стік літньої межені. Взимку малі річки можуть промерзати до дна.

За часом настання межень буває літньою та зимовою, за характером коливання витрат і рівнів – стійкою (степові рівнинні ріки), нестійкою, переривчастою (гірські річки), тривалою і короткою.

Гідрологічний рік включає повний цикл гідрологічних сезонів або фаз. Його початок відносять до початку яскраво вираженої фази водного режиму.

Спеціалісти-гідрологи використовують гідрологічний рік для прогнозування весняного стоку, розрахунків внутрішньорічного розподілу стоку.

**2. Типовий гідрограф річок.** Гідрограф ріки – це графік змінювання витрат води (у м<sup>3</sup>/с) під час року. Одночасно з витратами змінюються швидкість течії та рівень води - висота поверхні води в даному створі ріки.

В деяких випадках коливання стоку не пов'язані із зміною стоку, наприклад, при кригових явищах на річках, процесах розмиву дна, приливних явищах у гирлах річок. Графік зміни рівнів води у часі гідрографом назвати не можна.

Типовий гідрограф - це найбільш загальні риси внутрірічного розподілу витрат води у річці. Типовий гідрограф будується за гідрографом за декілька років, із позначенням межі можливих коливань витрат води.

Кількісна оцінка долі різних видів живлення у формуванні стоку здійснюється за допомогою графічного розчленування гідрографу за видами живлення (рис. 1.7).

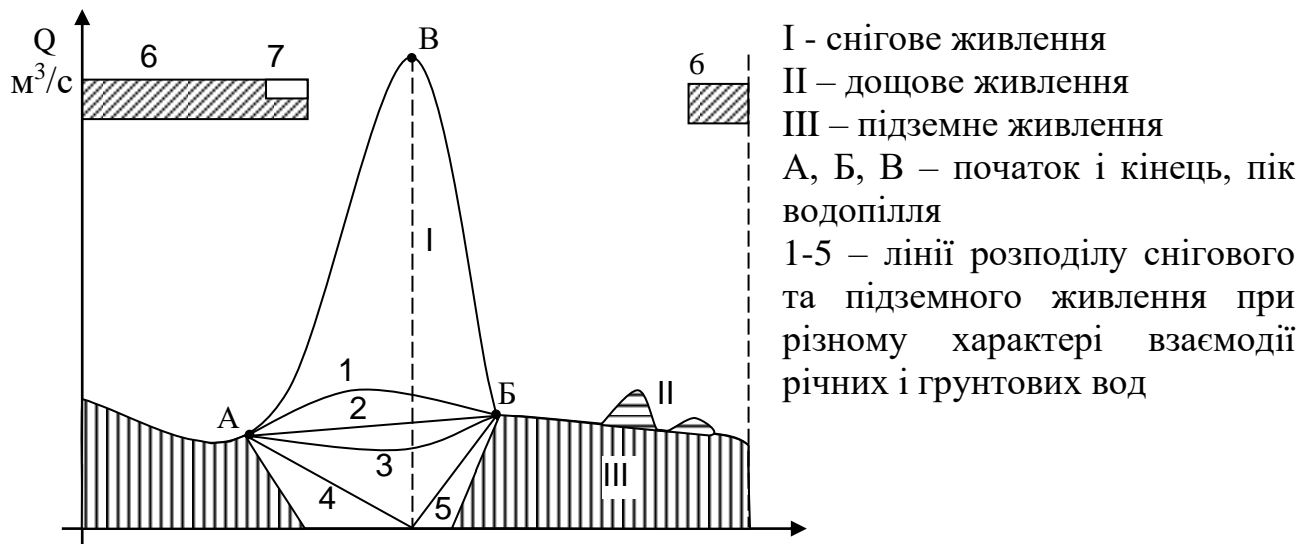


Рисунок 2 – Схема розчленування гідрографу за видами живлення

- живлення в період водопілля та паводку повторює хід гідрографу (1);
- в багатьох випадках на середніх і малих річках межа підземного живлення проходить по прямій, що з'єднує початок і кінець водопілля (2);
- при постійному або тимчасовому зв'язку між річковими і ґрунтовими водами в результаті підпору річкою ґрунтових вод підземне живлення зменшується до мінімуму (3);
- при недостатніх свідченнях про взаємозв'язок між річковими та ґрунтовими водами для рівнинних річок умовно приймається величина підземного живлення в момент піку водопілля рівною 0 (4);
- при тривалому стоянні високих рівнів, що характерно для великих річок, вода фільтрується через ґрунт (негативне підземне живлення) (5).

В.Д. Зайков класифікував річки за внутрішньо-річним режимом стоку води. Згідно з цією класифікацією всі річки колишнього Радянського Союзу поділяються на три основні групи: з весняним водопіллям, з водопіллям в теплий період року; з паводочним режимом.

Річки з весняним водопіллям поділяються на 5 типів:

- казахстанський тип (виключно висока хвиля весняного водопілля);
- східноєвропейський тип (високе весняне водопілля, низька зимова і літня межень, завищений стік восени);

- західносибірський тип (невисоке весняне водопілля, завищений літньо-осінній стік);
- східноєвропейський тип (високе весняне водопілля, літньо-осінні паводки, низька зимова межень);
- алтайський тип (невисоке розтягнуте водопілля, завищений літній стік, низька зимова межень).

Річки з водопіллям в теплий період року поділяються на два типи:

- далекосхідний тип (невисоке, розтягнуте водопілля в теплу пору року та низький стік в холодний період року);
- тян-шанський (водопілля формується талими водами високогірних снігів та льодовиків);

Річки з паводочним режимом поділяють на три типи:

- причорноморський тип (паводковий режим протягом року);
- кримський тип (зимові паводки, тривалі літні, літньо-осінні періоди з дуже низьким стоком);
- північнокавказький тип (паводки в теплий період та низька межень в холодний період року).

Згідно із класифікацією річок за Кузіним розрізняють річки з водопіллями (переважаючий тип живлення – сніговий) з водопіллями і паводками (для таких річок характерними є сніговий і дощовий типи живлення), з паводками (дощове живлення).

**3. Річковий стік. Фактори та кількісні характеристики.** Стік – це складний природний процес, який відбувається в географічному середовищі і перебуває під впливом фізико-географічних факторів: клімату, ґрунтів, рослинності, озер і боліт. Стік формується внаслідок випадання дощів або танення снігу і льоду. Поверхневий стік спостерігається на поверхні землі, підземний стік утворюють дощові і талі води, які потрапляють у річку підземними шляхами.

Річковий стік включає поверхневу та підземну частини. Поверхневий стік – це річковий стік та криговий стік.

Річковий стік - це стік води, наносів, розчинених речовин і тепла.

Стік води – це одночасно процес стікання води в річних системах і характеристика кількості води, яка стікає.

Стік наносів - процес переміщення наносів в річних системах і характеристика кількості наносів.

Стік розчинених речовин - процес переносу в річних системах розчинених речовин та характеристика їх кількості.

Стік тепла - процес переносу разом з річними водами тепла і його кількісна характеристика.

Характеристики річного стоку:

1. Витрата води [Q] - об'єм води, який протікає через поперечний перетин за одиницю часу ( $Q, \text{м}^3/\text{с}$ ).

Для розрахунку середньодобових витрат використовуються графіки зв'язку рівнів і витрат:  $Q = f(H)$ .

Середньодобова витрата:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \quad (1)$$

де  $n$  - число днів;

$Q_i$  - середньодобові витрати.

Середньорічна витрата:

$$Q_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i$$

(1.14)

де  $n$  - число років;

$Q_i$  – середня витрата за рік.

2. Об'єм стоку води [W] - це об'єм води, який проходить через поперечний перетин за будь-який інтервал часу:

$$W = \bar{Q} \cdot \Delta t,$$

(1.15)

де  $Q$  - середня витрата за проміжок часу  $\Delta t$

Якщо значення  $Q$  приймається у  $\text{м}^3$ , то:

$$W = Q \cdot \Delta t \cdot 10^{-9}, [\text{км}^3]; \quad (2)$$

якщо проміжок часу виражається у секундах, тоді:

$$W = Q \cdot 31,5 \cdot 10^6, [\text{м}^3] \quad (3)$$

Отже, щоб отримати об'єм стоку води у км<sup>3</sup>/рік треба користуватись рівнянням:

$$W = Q \cdot 31,5 \cdot 10^{-3}, \text{ [км}^3\text{/рік]} \quad (4)$$

3. Шар стоку [h] - це кількість води, яка стікає з водозбору за будь-який інтервал часу, що дорівнює товщині шару, рівномірно розподіленого на площі водозбору.

$$h = \frac{W, [\text{м}^3] \cdot 10^{-3}}{F, [\text{км}^2]}, \quad [\text{мм}] \quad (5)$$

де  $F$  – площа водозбору, км<sup>2</sup>.

4. Модуль стоку води [M] - це кількість води, яка стікає з одиниці площі водозбору за одиницю часу:

$$M = \frac{Q \cdot 10^3}{F}, \text{ л/с} \cdot \text{км}^2 \quad (6)$$

$$h = M \cdot 31,5 \quad (7)$$

5. Коефіцієнт стоку [K] - це відношення об'єму (шару стоку) до кількості атмосферних осадів:

$$k = h / x, \quad (8)$$

де  $x$  – кількість атмосферний осадів, мм.

**4.Водосховища, їх призначення, типи, характеристики.** Водосховище - це штучна водойма, що створена для накопичення та послідуочого використання води і регулювання стоку. Одне з перших водосховищ з греблею Садд-ель-Кафала утворене в Єгипті у 2950-2750 р.р. до н.е. Зараз на земній кулі приблизно 3000 водосховищ, щорічно утворюється близько 200-500 водойм. Водосховища утворюються після перегороджування русла та заплави річки греблею. Вони поєднують у собі ознаки озера та річки.

Утворення водосховищ дозволяє вирішувати ряд важливих соціально-економічних питань, задовольняючи потреби людини: накопичену воду використовують для зрошення земель, водопостачання, покращення судноплавних умов, регулювання річного стоку, тощо.

Типи водосховищ. Згідно з класифікацією К.К. Едельштейна розрізняють долинні і улоговинні водосховища. Долинні мають ложе, що

являється частиною річної долини (відрізняються наявністю ухилу дна і зростанням глибини в напрямку від верхньої частини до греблі).

Улоговинні - це підперті (зрегульовані) озера та водосховища, розташовані в ізольованих низинах, відгороджених затоках, лиманах.

Заплава - це частина річної долини, яка заливається водою під час повені.

Невеликі водосховища, площа яких не перевищує 1 км<sup>3</sup>, називаються ставками.

За способом заповнення водою розрізняють загатні водосховища, їх наповнює вода водотоку, на якому вони розташовані, та наливні, в які вода подається із розташованого поблизу водотока.

За географічним положенням виділяють гірські, передгірські, рівнинні та приморські водосховища:

- гірські - вузькі та глибокі, відрізняються підвищенням рівню до 300 м і більше внаслідок улаштування греблі;
- на передгірських водосховищах висота напору становить 50-100 м;
- рівнинні водосховища мають напір не більш 30 м;
- приморські мають невеликий напір в декілька метрів.

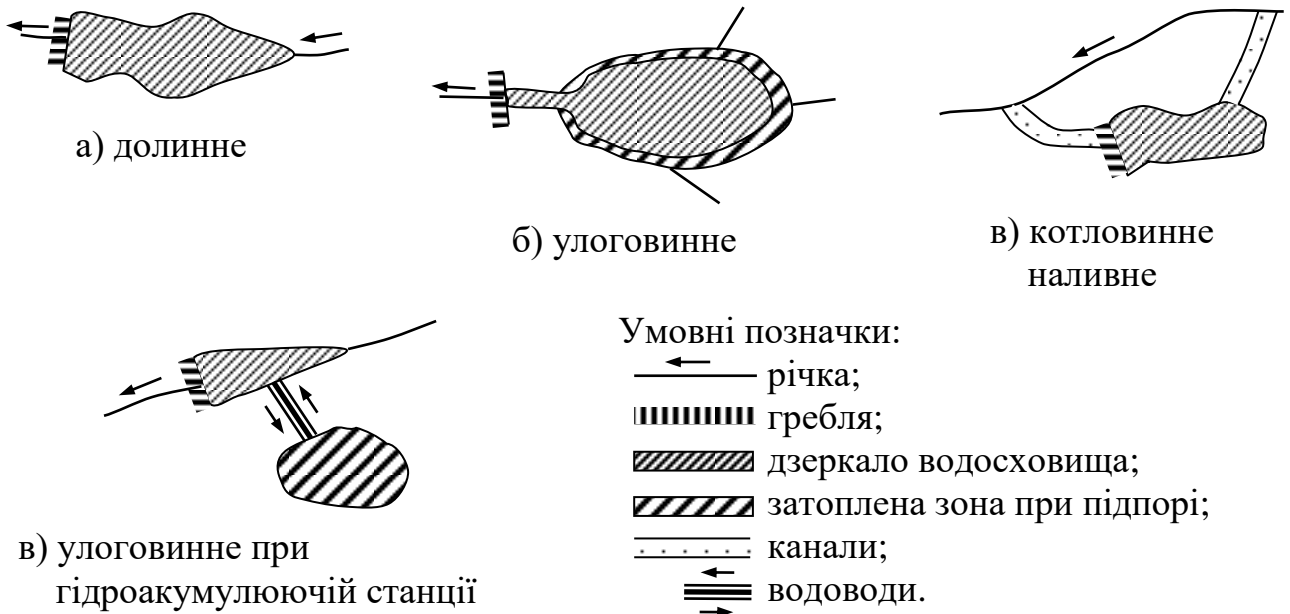


Рисунок 3 – Основні типи водосховищ



За місцем розташування в річному басейні розрізняють верхові та низові водосховища. Система водосховищ на річці називається каскадом.

За ступенем регулювання річного стоку розрізняють водосховища багаторічного, сезонного, тижневого і добового регулювання.

З морфометричних характеристик найважливішими являються площа поверхні  $F$  та об'єм  $V$ .

Період наповнення, період спрацювання - важливі характеристики, на які розраховуються водосховища.

Накопичення води триває до періоду досягнення нормального підпертого рівня (НПР). Під час водопілля допускається перевищення НПР на 0,5-1 м. Такий рівень називають форсований підпертий рівень (ФПР). Гранично можливий низький рівень називається рівнем мертвого об'єму (РМО). Об'єм водосховища, який знаходиться нижче РМО, називається мертвим об'ємом (МО). Для регулювання стоку використовується об'єм розташований між РМО та НПР, який називається корисним об'ємом (КО).

Повний об'єм - це сума корисного та мертвого об'ємів. Об'єм, що розташований між НПР та ФПР називають резервним об'ємом (РО).

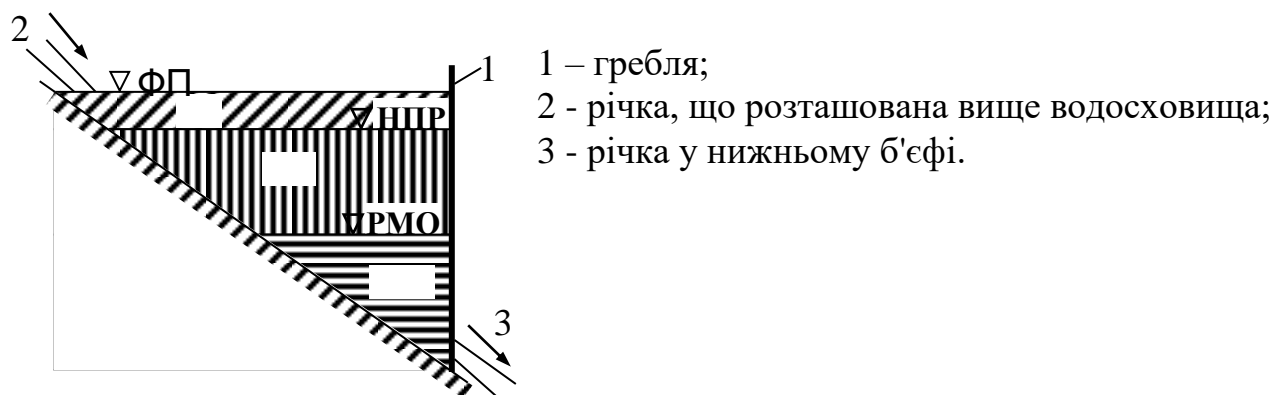


Рисунок 4 – Основні елементи водосховища

**Гідрологічний режим водосховищ. Значення в народному господарстві.** Водний баланс є найхарактернішим показником, що визначає гідрологічний режим водосховища.

Характерна особливість водного балансу водосховищ - перевага притоку річних вод в період наповнення та перевага стоку води у витратній частині рівняння водного балансу. Водний баланс має вигляд:

$$X + Y_{np} + Y_{скд} + Z_{конд} + W_{np} = Y_{ст} + Y_{вздб} + Z_{вип} + W_{ст} \pm \Delta U, \quad (9)$$

де  $X$  – осадки;

$Y_{np}$  - надходження води з поверхні;  
 $Y_{скд}$  - скид стічної води;  
 $Z_{конд}$  - конденсація водяного пару  
 $W_{np}$  – підземний притік;  
 $Y_{ст}$  - поверхневий стік;  
 $Y_{вздб}$  - водозабір для господарських потреб;  
 $Z_{вип}$  – випаровування;  
 $W_{ст}$  - підземний відтік;  
 $\Delta U$  - зміни рівню води.

На долю осадів припадає приблизно 2-3%, на долю випаровування - не більш 10% витрат води.

Коливання рівню води відбувається внаслідок штучного регулюємого процесу наповнення або спрацювання водосховища. Значення коливання рівню по сезонам складає 5-7 м, на гірських водосховищах - 50-80 м.

Течії у водосховищах відрізняються складною структурою. У водосховищах з великою площею поверхні спостерігаються вітрові течії.

Хвилювання залежить від розміру водосховищ. Висота хвиль досягає 2-3 м. Важливими наслідками вітрових хвилювань є вертикальне переміщення води.

Якщо процес відкладання у водосховищі наносів являється рівномірним, період замулення мертвого об'єму  $\tau_{зм}$  можна знайти за формулою:

$$\tau_{зм} = V_{МО}/W_R(1 - \sigma), \quad (10)$$

де  $V_{МО}$  - мертвий об'єм водосховища, м<sup>3</sup>;

$W_R$  - середній річний стік наносів, м<sup>3</sup>;

$\sigma$  - доля стоку наносів, що проходять транзитом (для глибоких гірських водосховищ  $\sigma = 0$ , тому що наноси залишаються на дні).

Стік наносів визначається за формулою:

$$W_R = R \cdot 31,5 \cdot 10^6 / \rho_{від}, \quad (11)$$

де  $R$  - середня річна витрата кг/с;

$\rho_{від}$  - густина донних відкладень;

Густина донних відкладень  $\rho_{від}$  приймається: 700-900 кг/м<sup>3</sup> для мулових відкладень; 1200-1300 кг/м<sup>3</sup> для піщаного мулу; 1800-2200 кг/м<sup>3</sup> для піску та гравію з галькою.

Велику роль у гідрологічному режимі водосховищ відіграє хвилювання, з яким пов'язане і руйнування берегів.

Береги водосховищ за своєю еволюцією поділяють на три групи: абразивні, які зазнають постійного руйнування, стабільні, які не руйнуються та акумулятивні, які нарощуються при перевідкладенні наносів. На рівнинних річках (Волга, Дніпро, Дон) абразивними є 40-50% берегів.

Після улаштування водосховища та підвищення рівню води в зону хвильової переробки (абразії) потрапляють береги водосховищ. Формуються береговий уступ та абразивна міль у верхній частині берегового схилу. Найбільш інтенсивно руйнуються берега, що складені льосовидними ґрунтами, берега у степовій, напівпустельній та пустельній зонах. За перші 10 років існування водосховища берег може відступити на 200 м і більше.

Водосховища уповільнюють водообмін у гідрографічній мережі річних басейнів. Спорудження водосховищ сприяло збільшенню об'єму води суші приблизно на 6 тис.км<sup>3</sup> та уповільненню водообміну приблизно у 5 разів. Щодо Дніпра, то його водообмін уповільнився у 7-11 разів.

Спорудження водосховищ викликає як зменшення стоку води в результаті додаткових витрат на випарення з поверхні водойми, так і стоку наносів, біогенних та органічних речовин внаслідок їх накопичення у водоймі.

Загальне зменшення річкового стоку у порівнянні з природними умовами (до спорудження водосховища) можна оцінити за допомогою рівняння:

$$\Delta W = (z_g - z_c) \times (F_{вдсх} - F_p) \times 10^{-6}, \quad (12)$$

де  $\Delta W$  - зменшення річного об'єму стоку, м<sup>3</sup>;

$Z_g, Z_c$  - випарення з водної поверхні та суші за рік, мм;

$F_{вдсх}, F_p$  - площі відповідно водосховища та поверхні ріки біля місця штучної водойми до її утворення, км<sup>2</sup>.

В умовах надмірного зволоження випаровування з водної поверхні водосховища набагато перевищує випаровування з поверхні суші . Тому в умовах надмірного зволоження спорудження водосховищ не приводить до суттєвих втрат річного стоку .

Зменшення водообміну внаслідок спорудження водосховищ приводить до зменшення швидкості течії в річних системах та зменшенню властивості до самоочищення ; зменшенню теплового стоку ; погіршення якості річної води в результаті збільшення тривалості контакту води з дном та берегами .Внаслідок спорудження водосховищ та відкладень в них наносів суттєво зменшується стік наносів.

До 1950 р. на річках України загальна площа штучних водойм не перевищувала 1000000га, а повний об'єм їх становив 1,4 км<sup>3</sup>. Нині водосховища займають 11782 км<sup>2</sup> і вміщують 58,2 км<sup>3</sup> води.

Водосховища в більшості випадків використовують комплексно. Вони дають можливість вирішувати питання гідроенергетики, транспорту, зрошення, обводнення, осушення, водопостачання, рибного господарства.

На дніпровських електростанціях у середній за водністю рік виробляється біля 10 млрд. кВт/год електроенергії. Завдяки водосховищам дніпровською водою зрошується понад 1,3 млн.га земель. Всього на різні потреби безповоротно забирається близько 10км<sup>3</sup> води щорічно. Зі створенням водосховищ значно поліпшилися умови судноплавства на Дніпрі, оскільки суттєво збільшилися судноплавні глибини (до 3,65 м), що забезпечує проходження суден з осадкою до 3,4 м.

Зарегульованість стоку Дніпра дала можливість вирішити проблему боротьби із затопленням значних площ під час весняних водопіль.

#### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Як утворюються озера?
2. Що таке денівеляція?
3. Які типи водосховищ вам відомі?
4. Яке значення мають водосховища для народного господарства?
5. Як впливає спорудження водосховищ на навколишнє середовище
6. Чим відрізняються водопілля від паводків?
7. Якими русловими діючими силами забезпечується поздовжня рівновага потоку?
8. Як виникає поперечна циркуляція у місті згинання річного потоку?
9. Як змінюється швидкість течії в залежності від глибини потоку?
10. За якими кількісними характеристиками можна оцінити річний стік?