

Гідрологія озер і водосховищ

3.1. Гідрологія озер

Гідрологія озер (лімнологія, озерознавство) є складовою частиною гідрології суші: вивчає водойми суші з уповільненим водообміном.

Озерами називають природні водойми, котрі 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. Озера належать до водойм з уповільненим водообміном і відрізняються від річок неоднорідністю водної маси. Водоймами з уповільненим водообміном є також штучні водойми – водосховища.

3.1.1. Типи озер

1. Озерні улоговини утворюються під впливом ендегенних (внутрішніх) та екзогенних (зовнішніх) процесів.

Озера ендегенного походження

Тектонічні озера утворюються в прогинах земної кори на рівнинах (Ладозьке, Онезьке, Верхнє), у прогинах в горах (Маркаколь, Ісик-Куль, Алаколь), в передгірських западинах (Балхаш), у рифтових западинах (Байкал, Танганьїка). Вони великі за розмірами та глибoki.

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

Озера екзогенного походження

Гідрогенні озера поділяють на водноаккумулятивні та водноерозійні. Походження цих озер пов'язане з дією морських, річкових та підземних вод. До цієї групи озер належать: а) **озера-стариці**, які зустрічаються в заплавах річок; б) **плесові озера**, котрі являють собою розрізнені плеса пересохлих річок; в) **дельтові озера**, що утворюються в дельтах великих річок; г) **лагуни та лимани** морських узбереж, які утворилися переважно внаслідок відокремлення від моря заток наносами (узбережжя Чорного, Білого, Балтійського морів).

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

Просадочні (суфозійні) озера виникають внаслідок вимивання підземними водами глинистих частинок, котрі цементують гіпсові породи. Ці озера поширені в степових і лісостепових районах.

Льодовикові озера – це озера, які утворилися внаслідок дії льодовика. До цієї групи належать: **льодовиково-ерозійні озера** – це озера, які виникли на кристалічних масивах Скандинавії, Канади; **карові озера** виникли на схилах гір (Альпи, Кавказ,

Памір тощо); **льодовиково-аккумулятивні озера (моренні)**, що утворилися внаслідок аккумулятивної діяльності льодовиків. Ці озера типові для Прибалтики, Полісся, північного заходу Росії; **прильодовикові озера** – це озера, які утворилися внаслідок моренно-аккумулятивної діяльності льодовика чи внаслідок попруження річок безпосередньо льодовиком; **надльодовикові озера** – це озера, які виникають безпосередньо на льодовику.

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

Еолові озера з'являються внаслідок дії вітру в міждонних зниженнях або в улоговинах видування. Це озера Прибалтики, Казахстану, Середньої Азії.

Метеоритні озера утворюються внаслідок падіння метеоритів (оз. Каолі в Естонії).

Органогенні озера утворюються на торфових болотах.

2. За розміром поверхні дзеркала води озера поділяють на:

- 1) дуже великі з площею (F) більше 1 000 км²;
- 2) великі – з площею від 101 до 1 000 км²;
- 3) середні – з площею від 10 до 100 км²;
- 4) малі – з площею менше 10 км².

3. **За ступенем сталості** озера бувають **постійні** та **тимчасові** (заповнюються водою лише в зволожені періоди року).

4. **За характером водообміну** озера поділяються на **безстічні** й **стічні**.

Безстічні озера – це озера, які не мають ні поверхневого, ні підземного стоку, а витрачають воду лише на випаровування. Це Каспійське та Аральське моря, оз. Ісик-Куль, Балхаш, Чад та ін.

Стічні озера – це озера, з поверхні яких вода витрачається на поверхневий, підземний стік та на випаровування. Це озера Байкал, Онезьке, Ладозьке та ін. Серед стічних озер виділяються **проточні озера** – це озера, в яких стік становить значну частину водної маси. Це озера Чудське, Зайсан, Сарезьке.

Окрему групу складають озера з **перемінним стоком** – це озера, які мають стік під час водопілля та паводків, а в межень належать до безстічних озер, бо водотоки, які з них витікають, пересихають.

5. **За співвідношенням складаючих витратної частини** рівняння водного балансу всі озера, згідно Б.Б.Богословського, поділяють на дві групи: **стокові** – це озера, у яких стік перевищує випаровування з їх поверхні – $u_{ст} > Z_{оз}$, **випаровуючі**, у яких випаровування перевищує стік – $u_{ст} < Z_{оз}$. Стокові озера характерні для зони достатнього й надмірного зволоження, а випаровуючі – для зон недостатнього зволоження.

6. За співвідношенням складаючих прибуткової частини рівняння водного балансу озера поділяють на три типи: **приточні**, коли приток з водозбору переважає над опадами ($u_{\text{пр}} > x_{\text{оз}}$), **нейтральні**, коли приток з водозбору \sim опадам ($u_{\text{пр}} \sim x_{\text{оз}}$), **дощові**, коли опади переважають над притоком ($u_{\text{пр}} < x_{\text{оз}}$).

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

полярні (або холодні) - з температурою на протязі року нижче 4°C та з переважанням зворотної температурної стратифікації;

тропічні (або теплі) - з температурою на протязі всього року вище 4°C і з переважанням прямої температурної стратифікації;

озера в умовах помірного клімату - з температурою вище 4°C і з прямою температурною стратифікацією влітку та з температурою нижче 4°C і зворотною температурною стратифікацією взимку.

8. За ступенем солоності озера поділяють на **прісні** – вміст солі до 1г/кг (або 1‰); **солонуваті** - солоність від 1 до 24,7‰ (розташовані в зоні степів та напівпустель); **солоні** – вміст солі дорівнює солоності вод Світового океану (від 24,7 до 47‰) та **соляні, або мінеральні** – солоність понад 47‰.

9. За хімічним складом води озера поділяють на три групи: гідрокарбонатні, з переважанням іонів HCO_3^- (більшість прісних озер); сульфатні, з переважанням сірчаних сполук (характерні такі води для солонуватих озер) і хлоридні, з переважанням іонів Cl^- (такі води характерні для солоних озер).

10. За умовами живлення водних організмів (трофічними умовами) озера поділяють на:

оліготрофні – це глибокі озера, які бідні на рослинний планктон та поживні речовини, з незначною мінералізацією (окрім кальцію) і рівномірним розподілом кисню влітку та взимку;

евтрофні озера – це водойми з великим вмістом поживних речовин; зазвичай неглибокі, добре прогріваються влітку, з великим вмістом органічних речовин та зі зменшенням кисню до дна;

дістрोфні озера – це озера, які бідні на поживні речовини; поширені в сильно заболочених районах; мінералізація води незначна, вміст кисню знижений, тому що витрачається на окислення органічних речовин;

мезотрофні озера – це озера з середніми трофічними умовами.

3.1.2.Морфологія озер

Основні морфологічні елементи озера:

улоговина – природне зниження земної поверхні різного походження, в межах якої і розташоване озеро;

озерне ложе – найбільш знижена частина озерної улоговини, яка заповнюється водою при максимальному підвищенні рівня. Воно поділяється на дві основні

області: **берегову область**, в якій переважають процеси руйнування гірських порід, які складають улоговину; **глибинну область**, в якій відкладаються продукти руйнування.

У береговій області виділяються три зони: берег, узбережжя та берегова відмілина.

Берег – це частина озерного схилу, що оточує озеро з усіх боків і не зазнає впливу хвиль (рис. 3.1.)

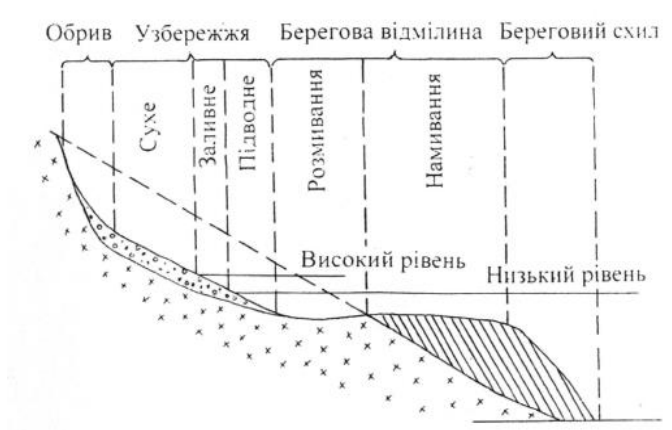


Рис. 3.1. Розчленування озерного ложа

Узбережжя – це суха частина, котра зазнає впливу хвиль; заливна частина, яка вкривається водою при високих рівнях, і підводна частина, яка завжди вкрита водою.

Берегова відмілина – закінчується підводним схилом, і є межею між схилом і дном озерного ложа; верхня частина берегової відмілини відповідає нижній межі впливу на берегову область хвильового прибою.

Часто узбережжя і берегову відмілину називають літораллю – це мілководдя. За мілководдям знаходиться підводний схил (або сублітораль) – розташований між літораллю і профундаллю. Профундаль або глибинна область займає найглибшу частину дна, якої хвилювання не досягає.

3.1.3. Основні морфометричні характеристики озера

Морфометричними характеристиками озера називаються абсолютні й відносні величини, які характеризують форму і розміри озерної улоговини та кількість води, що її заповнює. До них належать:

1. Площа озера або поверхня дзеркала води характеризує площу водної поверхні $F_{оз}$, яка залежить від зміни рівня води і визначається за картою планіметром або палеткою.

2. Довжина озера – найкоротша відстань між найбільш віддаленими точками його берегової лінії. Ця лінія може бути прямою або кривою.

3. Ширина озера $B_{оз}$ – відстань між протилежними берегами озера. Найбільша ширина B_{max} визначається як найбільший перпендикуляр до лінії довжини озера, а середня ширина $B_{сер}$ – це відношення площі озера $F_{оз}$ до довжини L :

$$B_{сер} = F/L$$

4. Довжина берегової лінії $L_{\text{бер}}$ – довжина урізу води, вимірюється циркулем або курвіметром.

5. Глибина озера $h_{\text{оз}}$ – це відношення об'єму води до площі дзеркала:

$$h_{\text{оз}} = \omega / F_{\text{оз}}$$

6. Ступінь порізаності берегової лінії κ – відношення довжини берегової лінії L до довжини кола L_1 з площею, яка дорівнює площі озера $F_{\text{оз}}$:

$$\kappa = \frac{L}{2\pi\sqrt{F_{\text{оз}}/\pi}}$$

7. Зміна об'єму і площі озера залежить від зміни положення рівня води (глибини) в озері. При підвищенні рівня води відповідно збільшується площа озера та об'єм води в ньому і навпаки.

3.1.4. Водний баланс озера

Водний баланс – це рівновага, котра існує між зміною об'єму води в озері за якийсь час і кількістю води, що надходить до озера і витрачається за той самий час.

Складаючими прибуткової частини водного балансу озера є атмосферні опади (x), поверхневий притік ($y_{\text{пов}}$), конденсація водяної пари на дзеркало озера ($Z_{\text{конд}}$), підземний притік ($\omega_{\text{пр}}$). Складаючими витратної частини водного балансу стокових озер є поверхневий стік із озера ($y_{\text{ст.}}$), підземний стік (фільтрація) з озера ($\omega_{\text{ст.}}$), випаровування з поверхні озера ($Z_{\text{вип}}$). Зміна запасів води в озері позначається через $\pm\Delta u$.

Отже рівняння водного балансу для стокових озер має такий вигляд:

$$x + y_{\text{пов}} + \omega_{\text{пр}} + Z_{\text{конд}} = y_{\text{ст.}} + Z_{\text{вип}} + \omega_{\text{ст.}} \pm \Delta u$$

Для безстічних озер рівняння водного балансу має такий же вигляд, але без поверхневого стоку з озера.

Величина окремих елементів водного балансу і співвідношення між ними залежать від кліматичних умов, характеру водообміну, розмірів улоговини озера та його водозбірної площі.

3.1.5. Рух озерної води Вітрове хвилювання

Один з найпоширеніших видів коливального руху води є **хвилювання**, яке виникає під впливом вітру. За зовнішньою формою хвилі зазвичай бувають неправильні, тримірні (добре виражений фронт хвилі відсутній), більш стрімкі, ніж на морі. **Крутість хвилі** – це відношення висоти хвилі до її довжини. **Довжина хвилі** – це відстань між двома вершинами або двома улоговинами. **Висота хвилі** – це різниця між двома вершинами або улоговинами. Навітряний схил хвилі крутіший, ніж підвітряний. Правильні або двомірні хвилі, які з'являються на воді під час слабкого вітру з незначним періодом і дуже малими розмірами. Це – капілярні хвилі, або **брижі**. В усіх послідовних стадіях розвитку вітрові хвилі є гравітаційними. Хвилі, які поширюються по водній поверхні по інерції (після закінчення вітру або ті, що виходять з зони його впливу),

називаються **хвилями зябі**. Зябь на озерах спостерігається рідко, переважно на великих озерах (на Ладозькому, Ісик-Кульському).

Сейші

Сейші – це стоячі хвилі на водоймах. Вони виникають при згонах і нагонах, різкій зміні атмосферного тиску в окремих частинах озера, при сейсмічних рухах. При сейшах відбуваються коливальні рухи усієї маси води, причому поверхня водойми набуває похилу то в один, то в інший бік. Нерухома вісь, відносно якої коливається водна поверхня, називається **вузлом** сейші. Залежно від кількості вузлів сейші бувають **одновузлові** та **багатовузлові**.

Амплітуда, період і довжина сейші неоднакова для різних озер і залежить від розмірів озера, його довжини та глибини. В невеликих за площею і довжиною, але глибоких озерах, коливання відбуваються швидко, тому і період сейшу короткий, а в таких самих озерах, але мілких, період сейшу подовжується. Амплітуда сейшу змінюється від кількох сантиметрів до метра і більше. Так, на Каспійському, Аральському морях відомі сейші заввишки до 1 м; на Байкалі – 5-7 см, іноді – 14 см, а період їх – близько 5 годин.

Течії

В озерах найбільш поширені стокові течії, вітрові, густинні й компенсаційні.

Стокові течії виникають під впливом притоку річкових вод в озеро чи відтоку озерних вод у річку, що витікає з озера. В обох випадках утворюється похил водної поверхні в озері, внаслідок якого і відбувається рух води.

Стокові течії на великих озерах простежуються на різних відстанях від гирла або витоку річок залежно від швидкості їхньої течії і витрат води. Так, за даними Г.Ю.Верещагіна, стокові течії в районі витоку Ангари відзначаються в Байкалі лише за 3 км, а води Селенги формують течії тільки влітку і на відстані 30 км від гирла.

Вітрові течії в озерах відзначаються значною несталістю. Це є наслідком мінливості вітрового режиму (напрямку і швидкості вітру), та впливу на течії індивідуальних особливостей самого озера (розмірів озерної улоговини, конфігурації берегів, рельєфу дна). Швидкість вітрових течій в озері вимірюється сантиметрами чи дециметрами за секунду.

Якщо напрямок стокових і вітрових течій збігається, то утворюються тимчасові або постійні течії, які проходять по всьому озеру (наприклад, в озерах Байкал і Балхаш).

Поблизу берегів вітрові течії спричиняють підйоми або зниження рівнів води залежно від напрямку вітру відносно берега. При цьому виникає похил рівня озера, що призводить до зміни градієнта гідростатичного тиску на різних його ділянках і до появи глибинної компенсаційної течії, яка сприяє збереженню рівноваги води в озері. У великих озерах біля довгих прямолінійних берегів компенсаційна течія має напрямок уздовж берега, а в малих озерах, бухтах, звуженнях – протилежний напрямку вітрової течії.

Густинні течії можливі лише у великих озерах з чітко вираженою горизонтальною температурною неоднорідністю. В цих умовах виникають горизонтальні градієнти густини, які є причиною перемішування води, тобто спричиняють появи густинної

циркуляції. Так, в Ладозькому озері виявлена циклональна циркуляція, яка охоплює майже усе озеро, за винятком південної мілководної частини, де температура на акваторії змінюється мало. Максимальні поверхневі швидкості цієї течії близько 25-30 см/с. З глибиною швидкість зменшується і на глибині 50 м течія практично відсутня.

Перемішування в озерах

Фізичними причинами вертикального перемішування води в озерах є різниця густини води, що викликає конвективне перемішування.

Конвективне перемішування спостерігається в озерах з прісною або солонуватою водою при порушенні густинної стійкості водних мас, яка викликана, наприклад, весняним нагріванням чи осіннім охолодженням поверхневого шару води температури найбільшої густини.

Динамічне перемішування виникає під дією вітру (хвилювання, вітрові течії).

Вертикальна густинна стратифікація в озерах перешкоджає динамічному перемішуванню.

3.1.6. Термічний режим озер

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

Для більшості озер головними джерелами тепла, які надходять на водну поверхню є: сонячна радіація ($\theta^+_{\text{с}}$), турбулентний теплообмін з атмосферою ($\theta^+_{\text{атм}}$), надходження тепла від донних ґрунтів ($\theta^+_{\text{гр}}$), з річковим стоком ($\theta^+_{\text{річ}}$), з підземними водами ($\theta^+_{\text{під}}$) виділення теплоти при конденсації водяної пари ($\theta^+_{\text{конд}}$) та при льодоутворенні ($\theta^+_{\text{льод}}$).

Теплота витрачається в озерах на випаровування ($\theta^-_{\text{вип}}$), на ефективне випромінювання (I), надходження тепла до ґрунту дна озера ($\theta^-_{\text{гр}}$), на танення льоду ($\theta^-_{\text{льод}}$), виноситься річковими ($\theta^-_{\text{річ}}$) та підземними водами ($\theta^-_{\text{під}}$).

Отже рівняння теплового балансу озера має такий вигляд:

$$(\theta^+_{\text{с}}) + (\theta^+_{\text{річ}}) + (\theta^+_{\text{під}}) + (\theta^+_{\text{конд}}) + (\theta^+_{\text{льод}}) + (\theta^+_{\text{атм}}) + (\theta^+_{\text{гр}}) = \\ I + \theta_{\text{атм}}^- + (\theta^-_{\text{гр}}) + (\theta^-_{\text{вип}}) + (\theta^-_{\text{льод}}) + (\theta^-_{\text{річ}}) + (\theta^-_{\text{під}}) \pm \Delta\theta,$$

де $\pm \Delta\theta$ – тепловий вміст води в озері.

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

Якщо температура води з глибиною підвищується, то в озері встановлюється зворотна температурна стратифікація, яка характерна для зимового періоду. Якщо температура води зменшується від поверхні озера до дна – пряма температурна стратифікація, яка характерна для літа.

Навесні та восени вся товща води має однорідну температуру. Такий стан води в озері називається гомотермією.

Найбільш високої температури набуває поверхневий шар води (епілімніон). Нижче цього шару є проміжний шар, температура якого різко знижується з глибиною (металімніон). Основна товща води озер зберігає відносно невисоку температуру (гіполімніон).

Перерозподіл тепла в озері, нагрівання й охолодження водної маси в ньому, відбуваються під впливом динамічного та конвективного перемішування, течій і хвилювання.

3.1.7. Льодовий режим озер

Озера за характером льодового режиму в залежності від кліматичних умов поділяють на чотири групи:

- 1) озера, які не мають льодових явищ;
- 2) з нестійким льодоставом;
- 3) з стійким льодоставом;
- 4) з льодоставом на протязі року.

У озер зі стійким льодоставом виділяють три характерні періоди льодового режиму: замерзання (осінні льодові явища), льодостав, скресання (весняні льодові явища).

Основні льодові утворення на озері такі як і на річках.

3.1.8. Хімічний склад озерних вод

Рівняння хімічного (сольового) балансу має такий вигляд:

$$R_{\text{річ}}^{+} + R_{\text{підз}}^{+} + R_x = R_{\text{річ}}^{-} + R_{\text{підз}}^{-} + R_{\text{вітр}} + R_{\text{ос}} \pm \Delta R,$$

де $R_{\text{річ}}^{\pm}$, $R_{\text{підз}}^{\pm}$ – надходження та витрати солі з поверхневим та підземним стоком;

R_x – надходження солі з атмосферними опадами;

$R_{\text{вітр}}$ – винесення солі з поверхні озера вітром;

$R_{\text{ос}}$ – кількість солі, що осідає на дні озера;

$\pm \Delta R$ – зміна кількості солі у воді озера за проміжок часу t .

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

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

3.1.9. Донні відклади озерної улоговини

На дні та схилах улоговин озер весь час відбувається накопичення відкладів. Матеріалом для формування озерних відкладів є продукти ерозії ґрунтів, руйнування берегів, рештки відмерлих організмів, господарська діяльність людини тощо. Отже, рівняння балансу наносів, має такий вигляд:

$$R_{\text{річ}}^{+} + R_{\text{бер}} + R_{\text{е}} + R_{\text{від}} = R_{\text{річ}}^{-} + R_{\text{ак}} \pm \Delta R,$$

де R^{\pm} - надходження та винесення наносів з річковим стоком;

$R_{\text{бер}}$ – внаслідок руйнування берегів;

$R_{\text{е}}$ – еолове принесення;

$R_{\text{від}}$ – рештки відмирання живих організмів;

$R_{\text{ак}}$ – акумуляція на дні;

$\pm \Delta R$ – зміна вмісту суспензій у воді.

Акумуляція наносів на дні приводить до формування донних відкладів, які за походженням часток, що їх складають, поділяються на теригенні (переважно це мінеральні частки, що надходять з водозбору і берегів озера), біогенні й хемогенні, які є результатом гідробіологічних і гідрохімічних процесів у водній товщі озера.

За складом донні відклади поділяють на мінеральні (пісок, мінеральний мул, солі), сапропелі (біогенні мули) і торф'янисті. Сапропель (гнилий мул) містить в основному рештки нижчих рослин і тварин з більш-менш значними домішками мінеральних часток та вищих рослин. Мули типу сапропелю характерні для евтрофних, багатих на поживні речовини, це озера лісової зони. Потужність їх може досягати 30 м. Сапропель використовується як добриво, додають до корму для худоби.

Торф'янистий мул характерний для озер дистрофного типу, бідних на органічні речовини. Він складається з решток сплавин і прибережної рослинності, мохів, листя, стовбурів та гілок дерев. Він використовується як паливо, добриво та в хімічній промисловості.

У розподілі відкладів в озерній улоговині існує певна закономірність, що пов'язана з механічним складом наносів. Крупність наносів зменшується в напрямку від берегів до центра улоговини: галечник, галечниково-піщані відклади, мулисто-піщані відклади.

3.1.10. Коливання рівня води в озерах

Коливання рівня води в озерах за причин, що викликають їх можна поділити на дві групи:

1) коливання рівня води в озерах, що спричиняються зміною співвідношення елементів водного балансу, тобто зміною водної маси озера;

2) коливання рівня води в озерах, які не пов'язані зміною водної маси, тобто ті, які відбуваються при постійному об'ємі водної маси, це так звані **денівеляції**.

Коливання рівня першої групи пов'язані перш за все з кліматичними причинами і тому зміна рівня як і кліматичні зміни можуть бути віковими, багаторічними та сезонними.

Коливання рівня другої групи пов'язані перш за все зі згінно-нагінними денівеляціями рівня, обумовлені вітрами.

3.1.11.Водні маси озер

Основні властивості водної маси у водоймі – її генетична однорідність. За генезисом виділяють два типи водних мас: первинні та основні.

Первинні водні маси озер формуються на їх водозборах і надходять до водойми у вигляді річкового стоку. Властивості цих водних мас залежать від природних умов водозборів і змінюються по сезонах в залежності від гідрологічного режиму. Основна особливість первинної водної маси фази повені – низька мінералізація, підвищена мутність води, достатньо високий вміст розчиненого кисню. Температура первинної водної маси в період нагрівання зазвичай вища, ніж у водоймі, і нижча в період охолодження.

Основні водні маси формуються безпосередньо у водоймі; їх характеристики відображають особливості гідрологічного, гідрохімічного і гідробіологічного режимів водойм. Частку властивостей основні водні маси спадкують від первинних водних мас, частку набувають внаслідок процесів, які відбуваються всередині водойми, а також під впливом обміну речовиною і енергією між водоймою, атмосферою та ґрунтами дна. В межах основної водної маси водойми в окремі сезони року виділяють її модифікації: поверхневу, проміжну, глибинну та придонну.

Поверхнева водна маса – це верхній найбільш нагрітий шар води (епілімніон), глибинна водна маса – зазвичай найбільш потужний і відносно однорідний шар більш холодної води (гіполімніон), проміжна водна маса відповідає шару стрибка температури (металімніон), придонна водна маса – це вузький шар води на дні з підвищеною мінералізацією та специфічними організмами.

Внаслідок взаємодії первинної (річкової) і основної (озерної) водних мас формується зона змішування, в якій одна водна маса трансформується в іншу. В межах цієї зони знаходиться гідрологічний фронт – це відносно вузька смуга з найбільш горизонтальними градієнтами основних визначальних характеристик води (мінералізація, температура та ін.). Гідрофронт роз'єднує різні водні маси.

3.1.12.Гідробіологічна характеристика озера

Озеро багате на водні організми (гідробіонти). Місце знаходження організмів називають біотопом. У водоймах суші виділяють два біотопи – дно (бенталь) і водну товщу (пелагіаль).

В залежності за пристосуванням до умов існування в певних біотопах розрізняють чотири групи: нейстон, планктон, нектон і бентос.

Нейстон – це мікроорганізми, які живуть в плівці поверхневого натягу, та організми, що частково виходять за межу поверхневої плівки в повітря і воду (подібно рясці).

Планктон – це організми, які не здатні самотійно рухатися в товщі води (бактерії, водорості, макроскопічно малі істоти). Вони пасивно пересуваються турбулентним потоком.

Нектон – це організми, які здатні самостійно рухатися (риби).

Бентос – це населення дна озера, яке пристосувалося до життя на дні або на незначній від дна глибині (рослини прибережних заростей, хробаки, молюски).

Серед мешканців вод озер розрізняють організми, що живляться мінеральними речовинами і утворюють органічні речовини (автотрофні), і організми, які живляться готовими органічними речовинами (гетеротрофні).

Загальна кількість органічних речовин у живих організмах, яка припадає на одиницю поверхні дна або об'єму води в озері, виражена у вагових одиницях, називається біомасою. Збільшення біомаси пов'язане з ростом і розмноженням організмів, зменшення – з їх відмиранням.

Біологічна продуктивність – це властивість водойми відтворювати органічну речовину у вигляді живих організмів.

3.2. Гідрологія водосховищ

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

Одне із стародавніх водосховищ – це водосховище з греблею Сад-ель-Кафара, яке було створено в Єгипті в 2950 – 2750 роках до нашої ери. В наш час на земній кулі їх більше 30 тис. Загальна площа водосховищ світу біля 400 тис. км². Сумарний повний об'єм водосховищ досягає майже 6 тис. км³.

3.2.1. Типи водосховищ

Залежно від природних умов і способу утворення водосховища поділяються на декілька типів.

1. За морфологією ложа водосховища (згідно К.К.Едельштейну) бувають:

а) долинні – водосховища, ложем яких є частина річкової долини. Для них характерна наявність похилу дна і збільшення глибин від верхньої частини водойми до греблі. Вони поділяються на:

- руслові – в межах русла та низької заплави річки;

- заплавно-долинні – затопленні русла, висока заплава, а інколи і надзаплавна тераса;

б) улоговинні – водосховища, що розташовані в западинах і пониззях місцевості і відгороджені від русла річки, від моря затоках, лиманах, лагунах, а також в штучних кар'єрах (копанках, кар'єрах).

Водосховища, площа яких не перевищує 1 км², називаються ставками.

2. За способом заповнення водою водосховища можуть бути загатними (водосховища, які заповнюються водою водотоку, на якому вони розташовані) і наливними (коли вода до них подається із іншого водотоку або водойми).

3. За місцем розташування водосховища бувають:

а) гірські – які створюють на гірських річках; вони вузькі, глибокі і мають напір до 300м і більше (Нурецьке, Рогунське на р. Вахм);

б) передгірські – висота напору 50-100 м (Красноярське, Братське);

в) рівнинні – широкі, мілкі, висота напору не більше 30 м (Куйбишевське, Волгоградське);

г) приморські – в морських затоках, лиманах, лагунах з невеликим напором.

4. За місцем у річковому басейні водосховища поділяють на *верхові* і *низові*. Система водосховищ на річці – каскадом.

5. За ступенем регулювання річкового стоку водосховища можуть бути багаторічного, сезонного, недільного, добового регулювання.

3.2.2. Основні характеристики водосховищ

Основними морфометричними характеристиками водосховищ є: *площа* їхньої поверхні та *об'єм*. Улоговинні водосховища мають округлу форму, долинні – витягнену.

Водосховище розраховується на накопичення певного об'єму води в період заповнення. Підвищення рівня води до оптимальної величини (наприкінці заповнення) називають нормальним підпертим рівнем (НРП). Під час водопілля та високих паводків може спостерігатися перевищення НРП на 0,5-1 м і називають такий рівень – форсованим підпертим рівнем (ФРП). Гранично можливе зниження рівня води у водосховищі є досягання рівня мертвого об'єму (РМО).

Об'єм водосховища, що знаходиться нижче РМО називається мертвим об'ємом (МО). Об'єм водосховища, що знаходиться між НРП та РМО називається корисним об'ємом (КО). Сума корисного та мертвого об'ємів водосховищ - повний об'єм ПО або ємність водосховища. Об'єм води, що розташований між НРП і ФРП – резервним об'ємом води (РО).

У межах водосховища виділяють кілька зон. **Глибоководна (нижня) зона** підходить безпосередньо до греблі. Далі йде **проміжна (середня) зона**, котра може бути глибоководною (при НРП) або мілководною залежно від рівня води. **Верхня (мілководна) зона** займає значну частину рівнинних водосховищ. У місці впадання річки знаходиться **зона змінного підпору**.

3.2.3. Водний режим водосховищ

Найхарактернішим показником гідрологічного режиму є водний баланс, який можна характеризувати як водний баланс озер. Характерною особливістю водного балансу водосховища є переважання притоку річкових вод в прибутковій частині і переважання стоку вод у витратній частині. На долю опадів припадає лише 2-3% прибуткової частини (за винятком водосховища Вольта, де на долю опадів припадає 22%), на долю випаровування - не більше 10% витрат води (за винятком водосховища Вольта – 1570 мм або 25%).

Для водосховищ, що розташовані в умовах надмірного і достатнього зволоження, $u_{пр} < u_{ст}$, тобто нижче водосховища відбувається деяке збільшення річкового стоку. Навпаки, в умовах недостатнього зволоження, $u_{пр} > u_{ст}$, і у водосховищах втрачається частка стоку.

Водосховища відрізняються від озер і більш інтенсивним водообміном завдяки більшій проточності. Для більшості водосховищ СНД коефіцієнт умовного водообміну знаходиться в межах 1-10, тобто період умовного оновлення в цих водосховищах складає приблизно від 1 року до 1 місяця. Найбільші коефіцієнти умовного водообміну для великих водосховищ такі: Насер - 0,5 - 0,6; Вольта - 0,3 - 0,4; Братське - 0,5 (вода в цих водосховищах оновлюється приблизно 2-3 рази за рік).

Залежно від зміни кількісних характеристик складових частин водного балансу відбуваються й коливання рівнів води у водосховищах. У період зимової межени водосховище спорожнюється, що призводить до зниження рівнів води, а з настанням водопілля починається накопичення води. Найвищі рівні води бувають під час (або трохи пізніше) максимальних витрат води в річці.

На водосховищах, як і на озерах, доволі звичайні згінно-нагінні коливання рівня.

Течії у водосховищах мають багато загального з течіями озер і відрізняються більш складною просторовою структурою та нестаціонарним характером.

Хвилювання на водосховищах залежить від їх розміру. Зазвичай воно слабкіше, ніж на озерах, але сильніше ніж на річках. Висота хвилі може досягати 2-3 м.

3.2.4. Термічний і льодовий режим водосховищ

Термічний режим водосховищ відрізняється від термічного режиму річок неоднорідністю розподілу температури води за довжиною, шириною і глибиною, а в глибоких та великих водосховищах відрізняється від аналогічних нестабільним характером.

Інтенсивне прогрівання водосховища відбувається спочатку поблизу гирла приток, в районах мілководдя. В цей період температура може спостерігатися одночасно від 0°C до 10°C (в різних місцях водосховища) і мати зворотну, пряму стратифікацію і гомотермію. В період осіннього охолодження характерна гомотермія майже до появи криги, коли температура приблизно 0°C по усій глибині, що пов'язано з вітровим перемішуванням водної маси мілководного водосховища.

Льодовий період на водосховищах, як і в озерах, більш триваліший ніж на річках. Товщина льоду на водосховищах також більша ніж на річках.

3.2.5. Гідрохімічний гідробіологічний режим водосховищ

Особливості гідрохімічного і гідробіологічного режимів водосховищ визначаються переважно такими обставинами: інтенсивністю водообміну, характером ґрунтів і рослинності зон затоплення, підтоплення та режимом накопичення і спрацювання вод, величиною та інтенсивністю коливання рівнів води.

Істотно впливає на гідрохімічний і гідробіологічний режим водосховищ в перші декілька років і рослинно-ґрунтовий покрив, який залишився під водою після утворення водосховища. Розклад рослин в зоні затоплення може привести до зменшення вмісту кисню у водній товщі, що приведе до загибелі риб.

В зоні надмірного зволоження, де поверхневі води не дуже мінералізовані, а об'єм підземного притоку незначний, зміни в хімічному складі води будуть незначними. В районах недостатнього зволоження, а також в посушливих районах мінералізація води значно змінюється.

3.2.6.Замулення водосховищ та переформування їх берегів

Водосховища, як і озера, є акумуляторами наносів.

Відкладення у водосховищах дрібних (зважених) наносів називають **замуленням**, крупних (тягнених) – **занесенням**. Завдяки замуленню формується товща донних відкладів водосховища.

Береги водосховищ за своєю еволюцією поділяють на три групи: абразивні, які зазнають постійного руйнування; стабільні, які не руйнуються; та аккумулятивні, які нарощуються за рахунок перевідкладання наносів. На рівнинних річках (Волга, Дніпро) абразивними є 40-50 % берегів, стабільними – 40-50 % і аккумулятивними – 5-15 %. Такий розподіл можна пояснити тим, що більшість водосховищ на цих річках достатньо «молоді», а їхня берегова зона активно формується.

3.2.7.Водні маси водосховищ

У водосховищах, як і в озерах зустрічаються дві водні маси – первинна (річкова) і основна (водна маса самого водосховища), але їх співвідношення різне. Так, в озерах на долю річкової водної маси приходить лише 10-15 % (наприклад, на Онезькому озері), а у водосховищах збільшується до 30-35 % в повінь і до 10-25 % в межень (наприклад, в Рибінському водосховищі). Тому водні маси водосховищ більш рухомі, ніж в озерах. У водосховищах в призагатній зоні формується специфічна придонна водна маса, як модифікація основної водної маси.

3.2.8.Вплив водосховищ на природне середовище

В Україні водосховища та ставки створювалися в давні часи, але особливо інтенсивний ріст їх кількості спостерігається в другій половині ХХ століття.

Спорудження водосховищ призвело до збільшення об'єму зарегульованих вод суші майже на 6 000 км³ й уповільнення водообміну приблизно в 5 разів, а водообмін Дніпра уповільнився в 7-11 разів.

Спорудження гребель водосховищ веде до зменшення стоку води в річках. Разом з тим штучні водойми змінюють внутрішньорічний розподіл стоку, збільшуючи при цьому межену його складову. Так за даними М.І. Львовича, водосховища обумовлюють збільшення меженного річкового стоку на землі на 27%.

Суттєво зменшився і стік наносів річок в результаті спорудження гребель водосховищ та акумуляції в них наносів. Так, каскад водосховищ на р. Міссісіпі зменшив у середньому стік завислих наносів із 450 до 295 млн.т.

Водосховища змінюють і термічний режим річок, спричиняють затоплення і підтоплення земель, “цвітінню” води, погіршують умови проходу на нерест риби, тощо.