

Гідрологія озер

Лекція 9

Озеро – природна западина на земній поверхні різної величини і форми, заповнена прісними або солоними водами з уповільненим водообміном. Озера належать до водойм з уповільненим водообміном і відрізняються від річок неоднорідністю водної маси.

Відмінність озера від річки: рушійною силою річки є градієнт сили тяги, в озерах – вітер.

На Україні нараховується біля 20 тис. озер та лиманів із площею дзеркала 4021.5 км^2 , найбільше за площею дзеркала прісне озеро Ялпуг (149 км^2), солоне – озера Сасик – 210 км^2 і Молочний – 170 км^2 . На Україні більша кількість озер (7 тис.) з площею дзеркала 0.1 км^2



Типи озер

I. За походженням озерні улоговини можуть бути:



Тектонічні улоговини

- **Тектонічні улоговини** розташовуються в:
- *прогинах земної кори на рівнинах* (Ладозьке, Онезьке, Верхнє),
- *у прогинах у горах* (Маркаколь, Іссик-Куль, Алаколь),
- *у передгірських западинах* (Балхаш),
- *у містах великих тектонічних тріщин* (Байкал, Танганьїка).
- Вони великі за розмірами та глибокі.



Байка́л — озеро в Росії, знаходиться у горах південної частини Східного Сибіру.



Танганьїка — озеро в Східній Африці з географічними координатами — з 3° 20' до 8° 48' південної широти та від 5° 29' до 31° 15' східної довготи. Найдовше та одне з найглибших озер на Землі.



Найглибшими озерами на планеті є Байкал і Танганьїка.

Вони значно глибші ніж такі моря, як Баренцове, Карське та Східно-Сибірське.

Озеро Больсена
італ. *Lago di Bolsena*



Озеро **Больсена** — озеро в [Італії](#), в західних передгір'ях Центральних [Апеннін](#). Розкинулось в [кальдері](#) згаслого [вулкана](#). Озеро сформувалось близько 370 000 років тому внаслідок провалу кратера вулкана [Вульсіні](#). Два острови в південній частині озера були сформовані підводними виверженнями пізніше. Згідно із записами [римських](#) істориків, останнього разу активність вулкана спостерігали в 104 році до н. е.



Кериз (Ісландія)



Озеро Крейтер (США)

Вулканічні улоговини

- **Вулканічні улоговини** розташовані у кратерах згаслих вулканів (озеро Больсена)
- Особливо часто вулканічні озера зустрічаються у відомому Тихоокеанському вулканічному кільці.
- На [Японських островах](#), наприклад, майже половина озер вулканічного походження.
- Їх також можна зустріти і в [Європі](#), [Африці](#), [Австралії](#) і навіть в [Антарктиді](#).
- Вулканічні озера утворюються при вибухах верхніх частин вулканів в кратерах, які являють собою воронки навколо жерла.
- Такі озера невеликі, округлої форми, однак відносяться до глибоководних.
- Діаметр їх зазвичай не перевищує 2-3 км, але глибина сягає декількох сотень метрів.

Улоговини річкового походження



Гирло Тилигульського лиману,
Україна

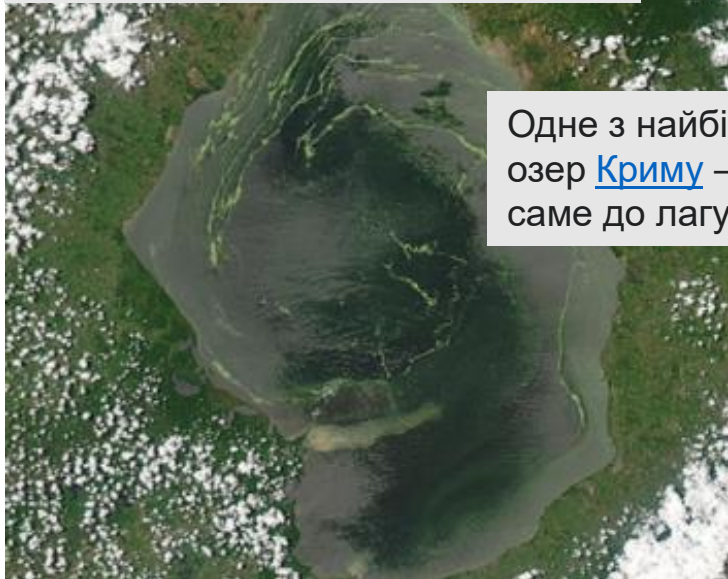


Річкова стариця

- **Улоговини річкового походження** пов'язані з ерозійною і акумулятивною діяльністю річок.
- До цієї групи озер належать:
 - а) *озера-стариці* зустрічаються в заплавах річок (відокремлена від [річки](#) ділянка її колишнього [річища](#), або [озеро](#), що лежить у старих залишених річкою річищах) ;
 - б) *плесові озера* являють собою розрізнені плеса пересохлих річок (Вони являють собою ланцюжок озер, що тягнуться на сотні кілометрів. Особливо часто такі озера зустрічаються на річках Австралії, коли навіть великі річки влітку пересихають, від них лишається лише ланцюжок озер);
 - в) *дельтові озера* (Гирла багатьох річок закінчуються дельтами — величезними конусами наносів річок. На пласкій або злегка хвилястій поверхні дельт зустрічається велика кількість озер, які виникли в зниженнях при замулюванні численних проток. В дельті Лени, наприклад, нараховується до 30 тисяч озер, в дельті [Волги](#) — приблизно 1,7 тисяч).

Улоговина морського походження:

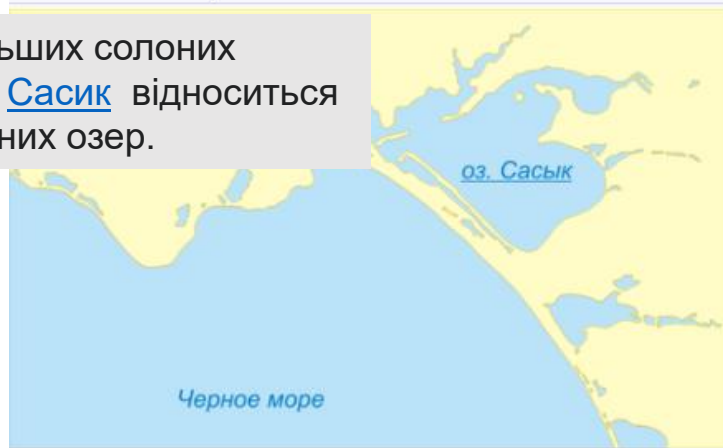
Найбільшим лагунним озером світу є [Маракайбо](#), яке розташоване у Венесуелі



Одне з найбільших солоних озер [Криму](#) — [Сасик](#) відноситься саме до лагунних озер.



Червоне цвітіння Сасика



Положення озера Сасик на карті

- Улоговина морського походження: лагуни та лимани морських узбереж, які утворилися переважно внаслідок відокремлення від моря заток *наносами* (узбер. Чорного, Біл)

Причиною утворення *морських озер* на морських узбережжях є морські хвилі та течії.

- Намиваючи піщано-галечникові коси та вали, вони відділяють гирла річок або затоки від моря, створюючи окремі водойми.
- Якщо гирла річок підтоплюються морем, то виникають витягнуті мілководні затоки.
- На узбережжях [Чорного](#) та [Азовського морів](#) їх називають лиманами. Відокремлені від моря косами або валами лимани стають озерами.
- Більшість лиманних озер мають прісну воду, але є озера і з солоною. Вона солона, тому що через посушливі ділянки кіс морська вода продовжує проникати в озеро і насичувати його сіллю. Такі озера називають **сивашами**.
- На рівнинних морських узбережжях зустрічаються **лагунні озера**. Це колишні затоки чи бухти, відокремлені від моря піщаними косами. Одне з найбільших солоних озер [Криму](#) — [Сасик](#) відноситься саме до таких озер.
- Лагунні озера або повністю від'єднались від моря, або сполучаються протокою — постійно чи під час припливів.
- Морська вода здатна проникати в такі озера через піщані коси, тому вони нерідко солоні. Такі озера зазвичай мілководні, але їхня площа може сягати декількох десятків тисяч км².
- Найбільшим лагунним озером світу є [Маракайбо](#), яке розташоване у Венесуелі, до таких відноситься і найбільше озеро [Антарктиди Едісто-Капоне](#)^[2].



Озеро Ялпут



Сасык (Кундук)



Льодовикові улоговини

Льодовикові улоговини утворилися
внаслідок дії льодовика, на льодовику.



Лох-Несс — озеро у Шотландії; 56,4 км², найбільша глибина — 226 м; становить частину Каледонського каналу. Відоме завдяки легенді про Лох-Несське чудовисько «Нессі». Утворилося з льодовика під час останнього льодовикового періоду в Європі.

Льодовикові озера утворюються не тільки в горах, але й на рівнинах.

- За останні 2 млн років на нашій планеті неодноразово виникали похолодання. На величезній території проходило накопичення снігу та утворення потужних льодовикових щитів, які вкривали більшу частину Північної Америки та Європи.
- Остання льодовикова епоха закінчилась 10-12 тисяч років тому.
- Великий льодовик товщиною 1,5 км займав усю Канаду аж до сучасних Нью-Йорка, Чикаго та Сієтла. В Європі він поширився до широт Копенгагена, Берліна та Санкт-Петербурга.
- Льодовики залишили після себе велику кількість великих та малих западин, більшість з яких заповнилась талими водами і стали озерами.
- Озерні ландшафти, створені льодовиками, характерні для Канади, Скандинавії, Карелії та Прибалтики.
- Ерозійна діяльність льодовиків особливо яскраво виражена в областях зародження льодовиків — в центрах зледеніння.
- В Північній Америці такими центрами є Кордильєри, Баффінова Земля та Лабрадор, в Євразії — Скандинавія, Нова Земля, Північний Урал і Таймир.
- З ерозійною діяльністю льодовиків пов'язані фіордові озера, дуже поширені на узбережжі Скандинавії, Шотландії, Патагонії і південної частини Нової Зеландії.
- Вони займають древні долини, оброблені льодовиками і затоплені морями. При таненні льоду біля країв утворювалась морена, яка загачувала фіорд. Такі озера мають велику протяжність, малу ширину та значну глибину. До найвідоміших фіордових озер відноситься шотландське озеро Лох-Несс.

Карстові

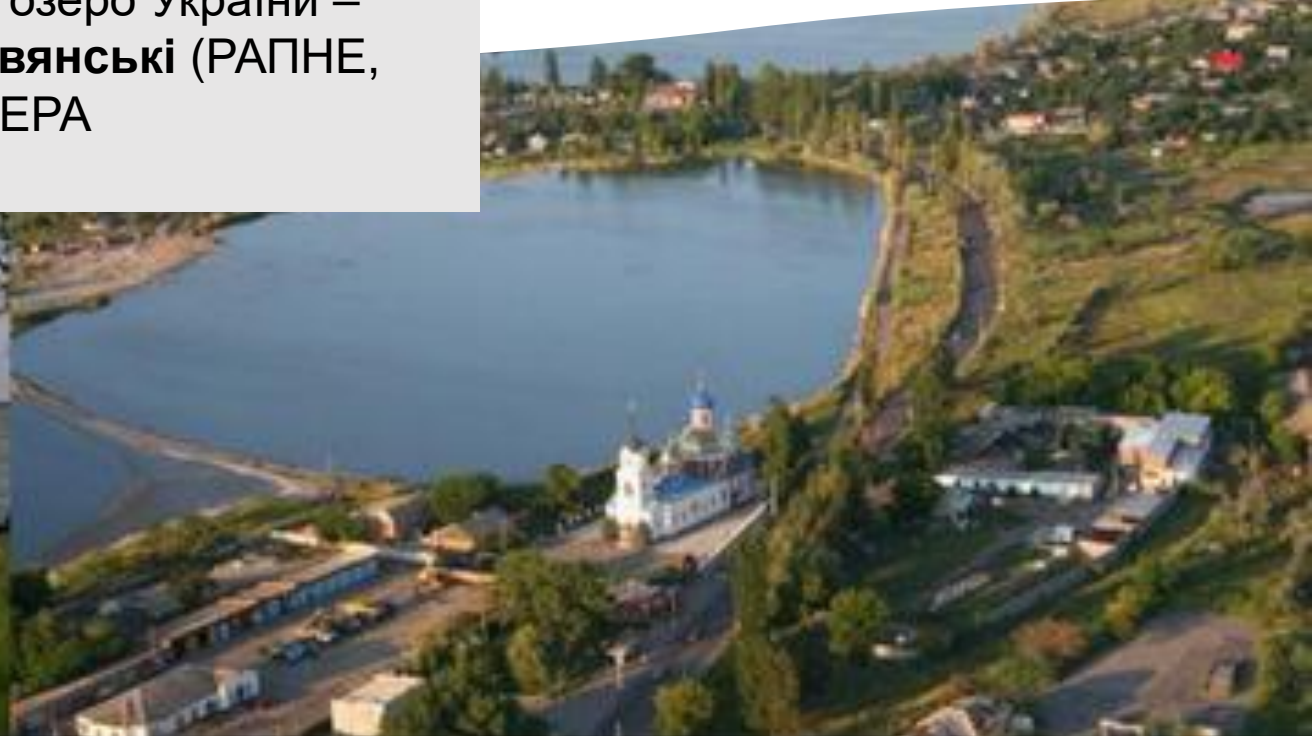
улоговини утворюються у районах поширення вапняків, гіпсів, доломітів і утворюються під дією впливу підземних вод на розчинні породи.

- ***Карстові озера*** (провальні) є найбільш дивовижними за своєю природою . Вони цікаві тим, що вода в них може раптово щезнути, а потім з'явиться знову. Вони зустрічаються там, де поверхня складена розчинними породами. Це можуть бути [кам'яна сіль](#), [гіпс](#), [вапняк](#), [доломіти](#) та [крейда](#).
- Підземні води, розчиняючи гірські породи, утворюють під землею різні порожнини, що призводить до провалів. На місці таких провалів утворюються озера. Зазвичай карстові озера невеликі, округлої або овальної форми. Карстові форми рельєфу набули широкого розповсюдження на Балканському півострові, в [Якутії](#) та в Західній [Росії](#).

Шацькі (саме глибоке озеро України – СВИТЯЗЬ -58 м) і **Славянські** (РАПНЕ, ВЕЙСОВЕ, СЛІПЕ) ОЗЕРА



Озеро Свитязь



Славянские озера

Термокарстові улоговини утворюються в областях розвитку вічної мерзлоти внаслідок танення підземних пластів та лінз льоду (Якутія)

- Своєрідними провальними озерами є водойми в районах [багаторічної мерзлоти](#). В мерзлом ґрунті дуже поширений викопний лід у вигляді лінз та жилок. При таненні криги ґрунт просідає, утворюючи улоговини, які заповнюються водою. Такі озера називаються **термокарстовими**. Вони дуже динамічні, швидко виникають, за декілька десятків років збільшують свої розміри, обриси та місце положення, а потім так же швидко і зникають.





Термокарстові озера в тундрі,
Аляска



Карстове озеро Ерцо

Суфозійні (провальні) улоговини

- **Суфозійні улоговини** виникають внаслідок осідань, викликаних вимиванням підземними водами із ґрунту дрібних часток і цементуючих речовин. Ці озера поширені в степових і лісостепових районах (наприклад на півдні Західного Сибіру).
- Широко представлені в карстових регіонах — Далмація (Хорватія), Флорида (США) та ін. Прикладами таких озер слугують Ерцо в Грузії, озера на дні карстових колодязів на тепую Сарисаріньяма — Сима-Гумбольдт і Сима-Мартель (вирізняються з проміж інших «найвищими берегами» (310 і 250 м, відповідно) та унікальними реліктовими екосистемами з ендемічними видами).
- Різновидом карстових озер слугують підземні озера у вапнякових печерах.

Еолові улоговини

- **Еолові улоговини** утворюються внаслідок дії вітру в міждюнних зниженнях або в улоговинах видування. Це озера Прибалтики, Казахстану, Середньої Азії.



Мозез, штат Вашингтон, США

Метеоритні улоговини

Метеоритні улоговини виникли внаслідок падіння метеоритів
При зіткненні із земною поверхнею залишаються вибухові кратери.



Метеоритне озеро Ельгигитгин 
на Чукотці (Росія)



оз. Каалі в Естонії

Біогенні улоговини

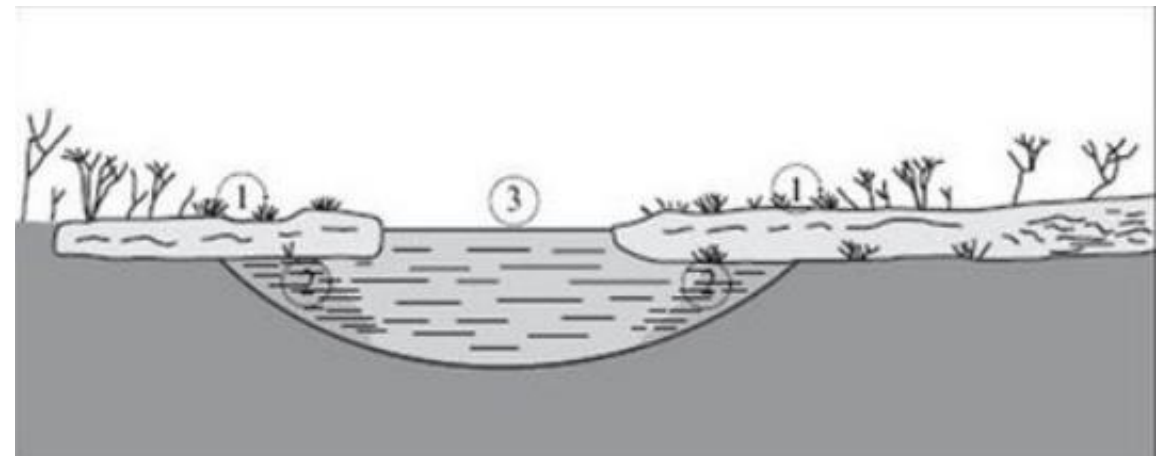
Утворені внаслідок життєдіяльності рослин і тварин, достатньо рідкісні, невеликі за розмірами й часто достатньо ефемерні в часі у порівнянні з іншими типами озер. Торфові озера — вторинні гідрологічні утворення на великих [болотах](#) і [торф'яниках](#), дистрофного характеру з низьким вмістом кисню у придонних шарах. [Боброві загати](#) та лагуни [коралових атолів](#) виступають типовим прикладом зоогенних озер



Болотні озерця в
Латвії



Боброва загата



II. За
розміром
поверхні
дзеркала
води озера
поділяють
на:

1) дуже великі – із площею (F) більше 1 000 км²;

2) великі – із площею від 101 до 1 000 км²;

3) середні – із площею від 10 до 100 км²;

4) малі – із площею менше 10 км².



III. За ступенем сталості озера бувають постійні та тимчасові (заповнюються водою лише у зволожені періоди року).

IV. За географічним положенням

інтразональні

(у тій же географічній зоні, що й водозбір озера),

і ***полізонанльні*** (водозбір у декількох географічних зонах.).

- **Безстічні озера** – це озера, які не мають ні поверхневого, ні підземного стоку, а витрачають воду лише на випаровування. Це Каспійське та Аральське море, озера Іссик-Куль, Балхаш, Чад та ін.
- **Стічні озера** – це озера, із 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, через які здійснюється транзитний стік річок. 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.

VI. За
співвідношенням
складових
витратної частини
водного балансу:

- **стокові**– це озера, у яких стік перевищує випаровування з їхньої поверхні – $y_{ст} > Z_{оз}$,
- **випаровуючі**, у яких випаровування перевищує стік – $y_{ст} < Z_{оз}$.
- Стокові озера, характерні для зони достатнього й надмірного зволоження, а випаровуючі – для зон недостатнього зволоження.

VII. За співвідношенням складових прибуткової частини рівняння водного балансу озера поділяють на три типи:

приточні, коли притік із водозбору переважає над опадами ($y_{\text{пр}} > x_{\text{оз}}$),

нейтральні, коли притік із водозбору \sim опадам ($y_{\text{пр}} \sim x_{\text{оз}}$),

дощові, коли опади переважають над притоком ($y_{\text{пр}} < x_{\text{оз}}$).

VIII. За ступенем солоності

прісні – уміст солі до 1г/кг (або 1 ‰);

солонуваті – солоність від 1 до 25 ‰ (розташовані в зоні степів та напівпустель);

солоні – уміст солі дорівнює солоності вод Світового океану (від 25 до 50 ‰)


соляні, або мінеральні – солоність понад 50 ‰

ІХ. За хімічним складом води:

гідрокарбонатні, із переважанням іонів HCO_3^- (більшість прісних озер);



сульфатні, із переважанням сірчаних сполук (характерні такі води для солонуватих озер);



хлоридні, із переважанням іонів Cl^- (характерні для солоних озер).

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

- **оліготрофні** – це глибокі озера, які бідні на рослинний планктон та поживні речовини, із незначною мінералізацією (окрім кальцію) і рівномірним розподілом кисню влітку та взимку;
- **евтрофні озера** – це водойми з великим умістом поживних речовин; зазвичай неглибокі, добре прогріваються влітку, із великим умістом органічних речовин та зі зменшенням кисню до дна;
- **дистрофні 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 із середніми трофічними умовами.

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.
- Озерне ложе поділяється на дві основні області: ***берегову область***, у якій переважають процеси руйнування гірських порід, які складають улоговину; ***глибинну область***, у якій відкладаються продукти руйнування.
- У береговій області виділяються три зони: берег, узбережжя та берегову відмілину.

Морфометричні характеристики озера

- **Морфометричними характеристиками озера** називаються абсолютні й відносні величини, які характеризують форму й 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.

Морфометричні характеристики озера

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

$$V_{сер} = F/L$$

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

Морфометричні характеристики озера



5. Глибина озера h_{03} – це відношення об'єму води до площі дзеркала: $h_{03} = w/F_{03}$.

6. Ступінь порізаності берегової лінії (k) – відношення довжини берегової лінії L до довжини кола L_1 із площею, яка дорівнює площі озера F_{03} :

$$k = \frac{L}{2\pi\sqrt{F_{03}/\pi}}$$

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.*

Коливання рівня води в озерах із 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 зі зміною водної маси, тобто ті, які відбуваються при постійному об'ємі водної маси, це так звані **денівеляції**.

Коливання рівня 1 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 2 групи пов'язані перш за все зі згінно-нагінними денівеляціями рівня, обумовлені вітрами або сейшовими коливаннями. Такі коливання мають короточасний характер.



Вікові та багаторічні коливання рівня озер

Головна причина таких коливань – кліматична, тому вивчення вікових і багаторічних коливань рівня озер може служити і непрямым доказом існування кліматичних змін зволоженості території.

Сезоні коливання рівня озер. Ці коливання також пов'язані переважно зі змінами складових водного балансу озер. Підвищення рівня озер відбувається в період підвищеного притоку вод в озера, обумовленого типом внутрірічного річкового стоку.

Короткочасні коливання рівня озер. Коливання рівня цього виду можуть бути обумовлені згінно-нагінними явищами, сейшами, коливаннями атмосферного тиску.



Коливання рівня озер

Нерівномірний розподіл атмосферного тиску також створює перекид рівня води. При цьому рівень води веде себе як “зворотний барометр”, підвищується при зниженні і знижується при підвищенні атмосферного тиску.

Після припинення дії вітру або вирівнювання градієнтів атмосферного тиску маса води в озері, прагнучись повернутися до стану рівноваги, починає випробувати поступово загасаючі коливання руху – *сейші*.

Пункти, де коливання рівня максимальні, називаються *пучностями*, а де рівень незмінний – *вузлами*.

Хвилювання на озерах

- **Хвилювання** виникає під впливом вітру.
- За зовнішньою формою хвилі зазвичай бувають тримірні та двомірні.
- **Неправильні, тримірні** хвилі (добре виражений фронт хвилі відсутній), більш стрімкі, ніж на морі.
- **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 на водній поверхні за інерцією (після закінчення вітру або ті, що виходять із зони його впливу), називаються **хвилями зябі**. Зяб на озерах спостерігається рідко, переважно на великих озерах (на Ладозькому, Іссик-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. Бувають **одновузлові** та **багато вузлові**.

Течії в озерах

Основними причинами течій в озерах є

вітер;

стік річок, що впадають в озеро;

нерівномірний розподіл температури і мінералізації води, а також атмосферного тиску.

Стокові течії

- 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 чого і відбувається рух води.



Вітрові течії

- 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.



Компенсаційні течії

- Вітер викликає також згінно-нагінні денівеляції рівня: виникаючі перекоси рівня створюють так звані **компенсаційні течії**, що розвиваються нижче рівня шару води, охопленого вітровою течією, і протилежно йому направлені. На великих озерах біля довгих прямолінійних берегів компенсаційна течія має напрямок уздовж берега, а в малих озерах, бухтах, звуженнях – протилежний напрямку вітрової течії.
- Після припинення вітру на багатьох озерах виникають сейші (тоячі хвилі), що супроводжуються сейшовими течіями. Вітер створює також **хвильові течії**, які збігаються з напрямком поширення хвиль.



ТИМЧАСОВІ

АБО ПОСТІЙНІ ТЕЧІЇ

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



Густині течії

- Густині течії можливі лише у великих озерах із чітко вираженою горизонтальною температурною неоднорідністю. В цих умовах виникають горизонтальні градієнти густини, які є причиною перемішування води, тобто сприяють появі густиної циркуляції.

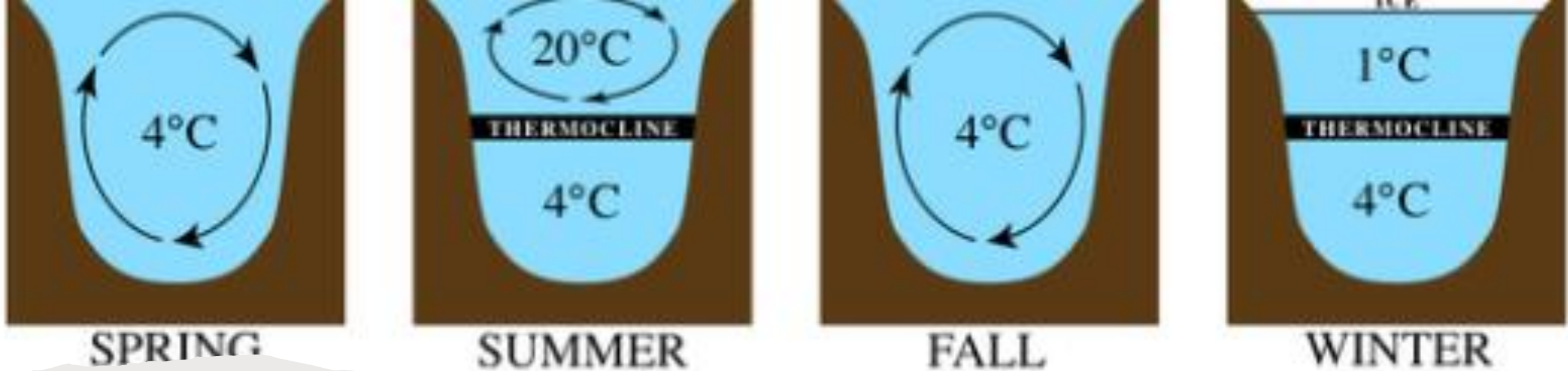
Термічна класифікація озер

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

полярні (або холодні) – із температурою протягом року нижче 4°C та з переважанням зворотної температурної стратифікації;

тропічні (або теплі) – із температурою протягом усього року вище 4°C і з переважанням прямої температурної стратифікації;

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



Термічний режим озер в умовах помірного клімату

Якщо t води з глибиною підвищується, то в озері встановлюється зворотна температурна стратифікація, характерна для зимового періоду.

У поверхневому шарі температура близька до 0°C, у придонному шарі – біля 3-4°C.

Якщо t води зменшується від поверхні озера до дна – пряма температурна стратифікація, яка характерна для літа .