



ВЛАДИВОСТОКСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ЭКОНОМИКИ И  
СЕРВИСА

# **ГИДРОЛОГИЯ ОЗЁР И ВОДОХРАНИЛИЩ**

# ОЗЕРО

- Озёра - котловины или впадины земной поверхности, заполненные водой и не имеющие прямого соединения с морем.
- Иногда, в отличие от текущих вод (рек), озера определяют как водоемы с замедленным стоком или с замедленным водообменом
- Искусственно созданное озеро называется водохранилищем. Если водохранилище имеет небольшие размеры, его называют прудом. Иногда прудами называют мелководные естественные озера, на площади которых распространена водная растительность

# Типы озер по характеру котловин

- Плотинные, или запрудные
- Котловинные
- Смешанные

# ВОСЕМЬ ГЛАВНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПОВ ОЗЕР

## ■ 1. тектонические озера

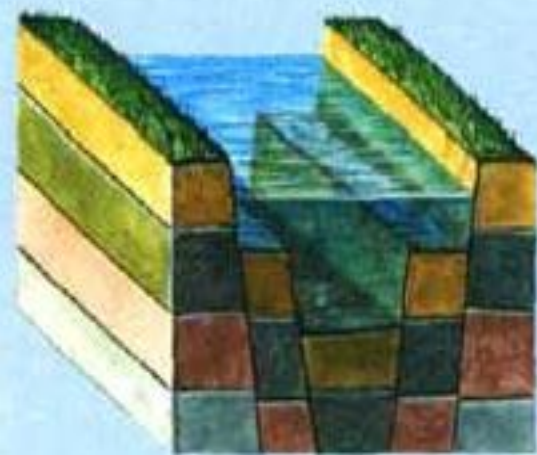
- располагающиеся в трещинах, сбросах, грабенах и отличающиеся значительной глубиной и размерами (Каспийское, Ладожское, Онежское, Байкал, Иссык-Куль, Севан, озера африканского грабена (Виктория, Ньяса, Танганьика и др.), американские Великие озера (Эри, Онтарио, Гурон, Мичиган, Верхнее))

## ■ 2. вулканические озера

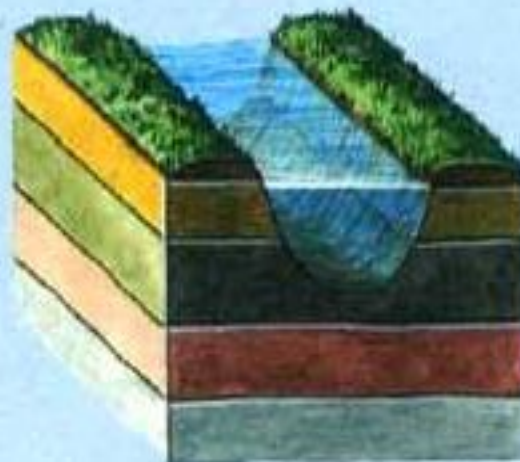
- занимающие кратеры потухших вулканов или располагающиеся среди лавовых полей (распространены в районах современной или древней вулканической деятельности (Исландия, Италия, Япония, Камчатка, Закавказье и др.))

# Котловинные озера

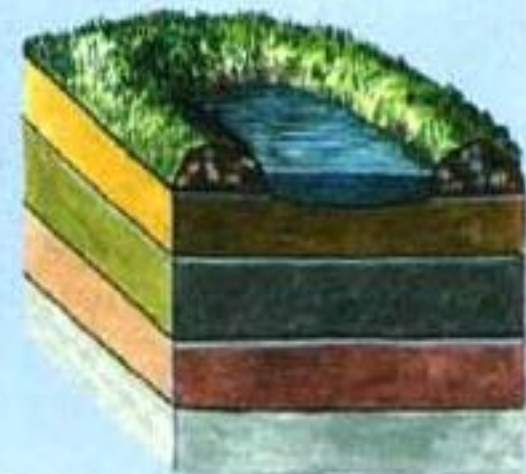
## ТИПЫ ОЗЁРНЫХ КОТЛОВИН



Озеро в грабене

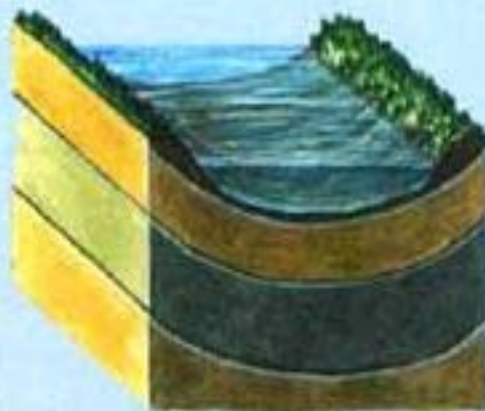


Озеро в борозде, выпанной ледником



Озеро в понижении между моренными холмами

Озеро в прогибе земной коры



Озеро в кратере вулкана

# ВОСЕМЬ ГЛАВНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПОВ ОЗЕР

- **3. ледниковые эрозионные озера**
  - возникшие в выпаханных ледниками котловинах на крупных кристаллических массивах (Кольский п-ов, Карелия, Скандинавия, Альпы, Кавказ)
- **ледниковые аккумулятивные озера**
  - расположенные среди моренных, отложений областей древнего оледенения (Прибалтика, Канада, север США и др.);

# ВОСЕМЬ ГЛАВНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПОВ ОЗЕР

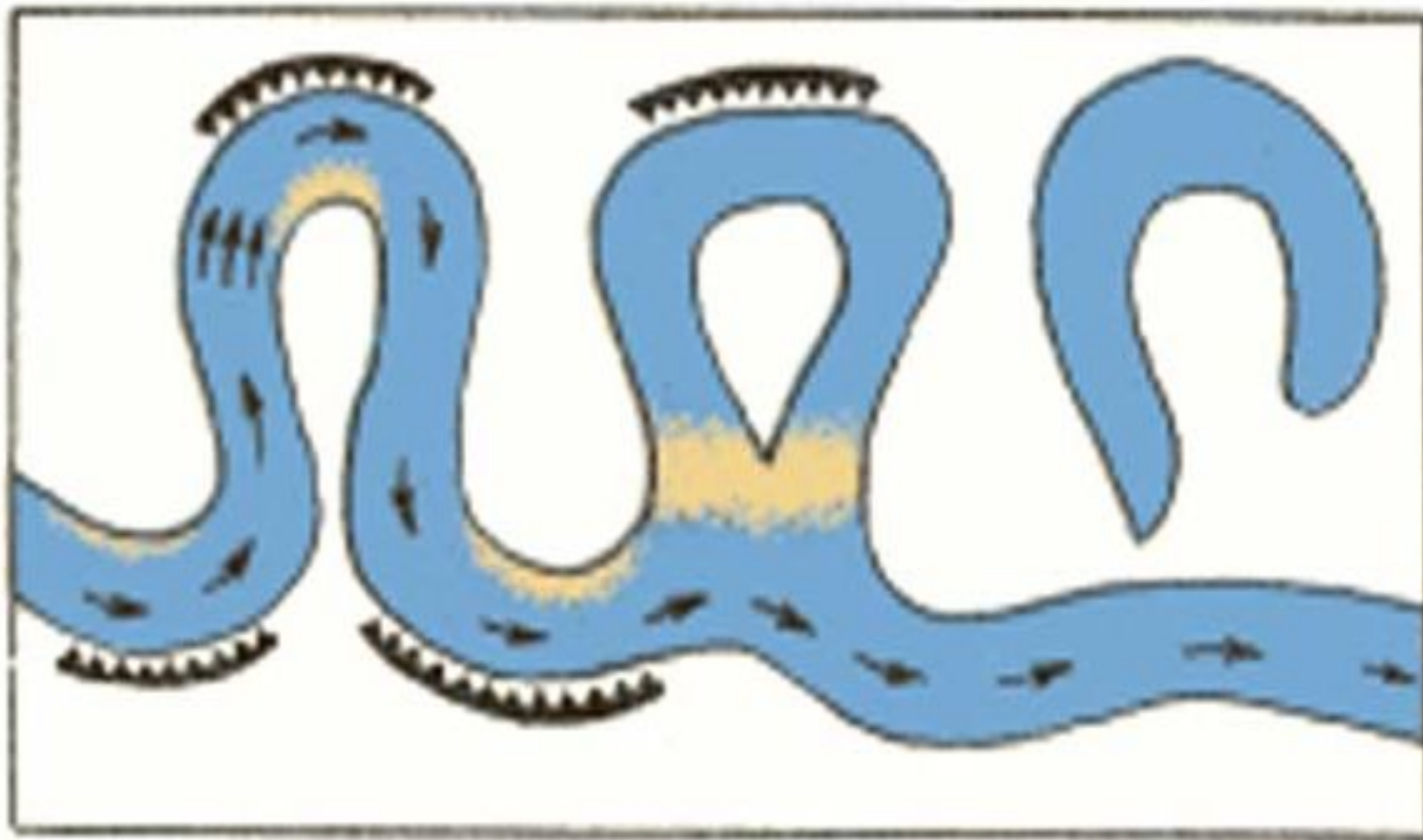
## ■ 4. гидрогенные озера

- связанные с эрозионной и аккумулятивной деятельностью речных и морских вод. К ним относятся старицы, плесы пересыхающих рек, озера речных дельт, озера морских побережий: лагуны — отчлененные от моря наносами заливы, лиманы — устьевые участки рек, отделенные от моря косами

## ■ 5. провальные озера

- (карстовые, суффозионные, термокарстовые), возникающие под действием подземных вод или при таянии льда в грунте. Карстовые озера образуются в районах залегания известняков, доломитов, гипсов (Урал, Крым, Кавказ). Суффозионные озера возникают в районах, где подземные воды вымывают и выносят некоторые цементирующие соли и мельчайшие частицы, вызывая просадки (типичны для юга Западной Сибири). Термокарстовые озера образуются в районах многолетней мерзлоты на участках протаивания ее и связанного с ним проседания грунта (Сибирь, Забайкалье, зона тундры);

# СТАРИЦЫ





# ВОСЕМЬ ГЛАВНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПОВ ОЗЕР

## ■ 6. золовые озера

- водоемы, отгороженные песчаными дюнами или образованные в котловинах выдувания, созданных ветром (Казахстан);

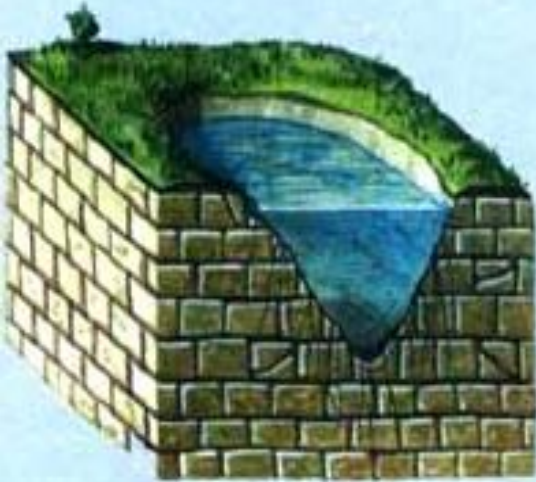
## ■ 7. запрудные (подпрудные) озера

- возникающие обычно в горных системах в результате преграждения речных долин обвалами или оползнями (Сарезское озеро на Памире в долине р. Мургаб)

## ■ 8. органогенные озера

- образующиеся дамбами из растений внутри болот или среди коралловых построек (аттолов).

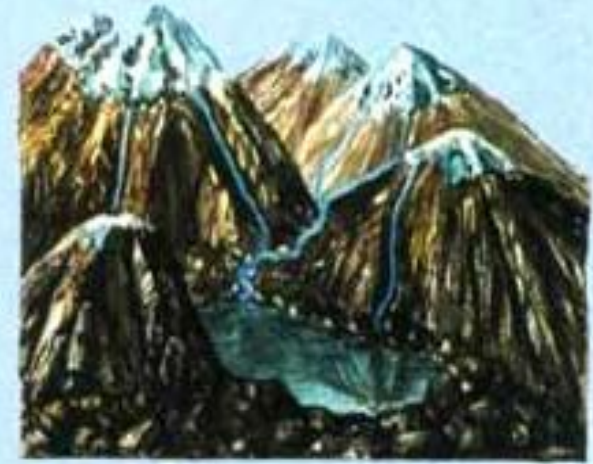
Образование запрудного, или плотинного, озера



Озеро в карстовой воронке



до землетрясения



после землетрясения



Озеро- старица



Озеро- лагуна

# КОРАЛЛОВЫЕ АТОЛЛЫ



# Жизнь озера имеет начало и конец

- Наносы рек + остатки отмерших растений и животных = озеро мелеет и превращается в болото
- В небольших озерах осадки накапливаются тысячи лет, в глубоких – миллионы лет



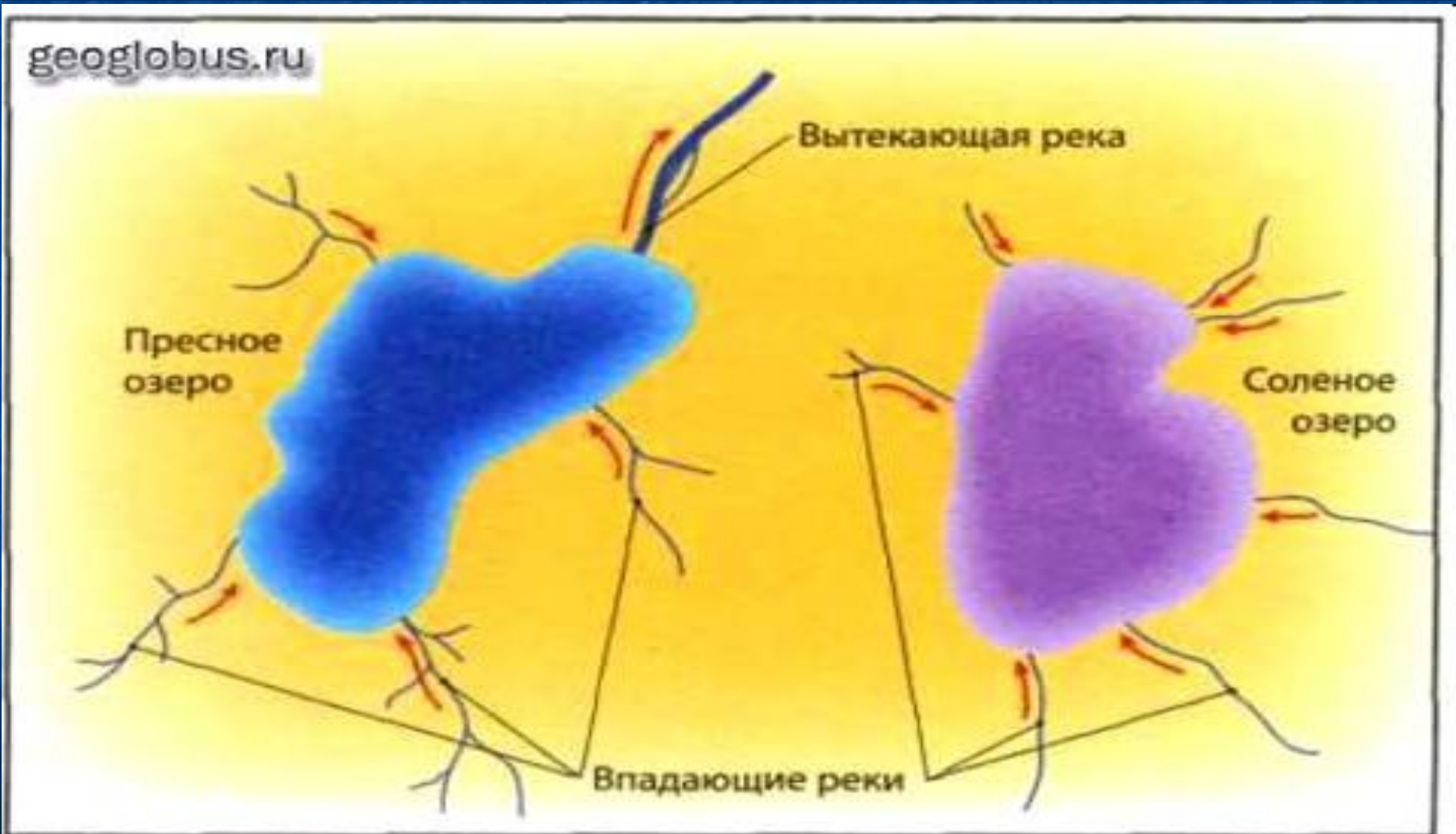
# Морфометрические характеристики озер

- Площадь поверхности (зеркала) озера  $F$  (км<sup>2</sup>) — площадь водной поверхности без островов
- Длина озера  $L$  (км) - кратчайшее расстояние между двумя наиболее удаленными друг от друга точками береговой линии водоема, измеренное по его поверхности
- Ширина озера  $B$  (км)
  - средняя ширина  $B_{ср} = F/L$
  - максимальная ширина  $B_{max}$  — наибольшее расстояние между берегами по перпендикуляру к длине водоема
- Длина береговой линии  $L$  (км) измеряется по урезу воды (нулевой изобате)
- Изрезанность береговой линии определяется как отношение длины береговой линии озера к длине окружности круга, имеющего площадь, равную площади озера

# Водный баланс озер

- **Приход воды**
  - поверхностный и подземный приток
  - выпадение атмосферных осадков на поверхность
  - конденсации водяного пара на его поверхности
  - Для небольших озер - скопления снега, переносимого ветром, в зарослях тростника, растущего по берегам
- **Расход воды**
  - испарение с поверхности озера
  - поверхностный и подземный сток из него
- Разность между приходом воды в озеро и расходом воды из него должна равняться увеличению или уменьшению запаса воды в озере.

В проточные озера с пресной водой не только не впадают реки, но и вытекают из него. Из соленых озер реки не вытекают



# Динамические явления в озерах - постоянные и временные

## ■ **Постоянные**

- Течения, вызванные впадающей в озеро или вытекающей из него рекой (сточные течения)
  - Интенсивность таких течений определяется соотношением объема озера и расхода втекающей или вытекающей реки



# Динамические явления в озерах - постоянные и временные

## ■ Временные

## ■ Течения

- возникают под действием ветра - ветровые (дрейфовые) течения оказывают особенно значительное влияние на характер физических процессов в озерах с большой площадью, плоской формой озерного ложа и малыми глубинами
- вследствие неравномерного нагревания и охлаждения воды озера – возникают вертикальные (конвекционные) токи, оказывающие влияние и на горизонтальные перемещения водных масс

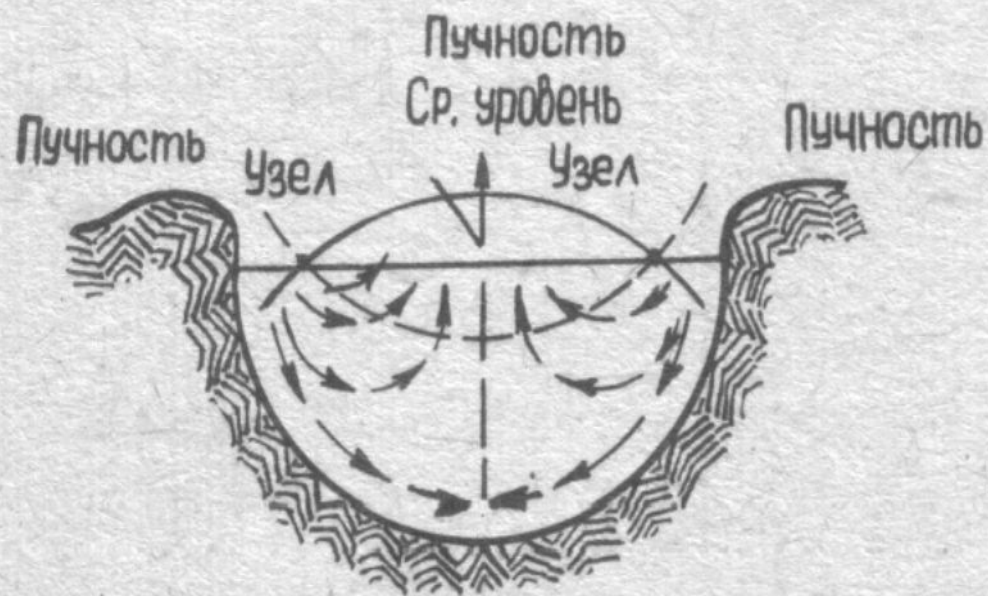
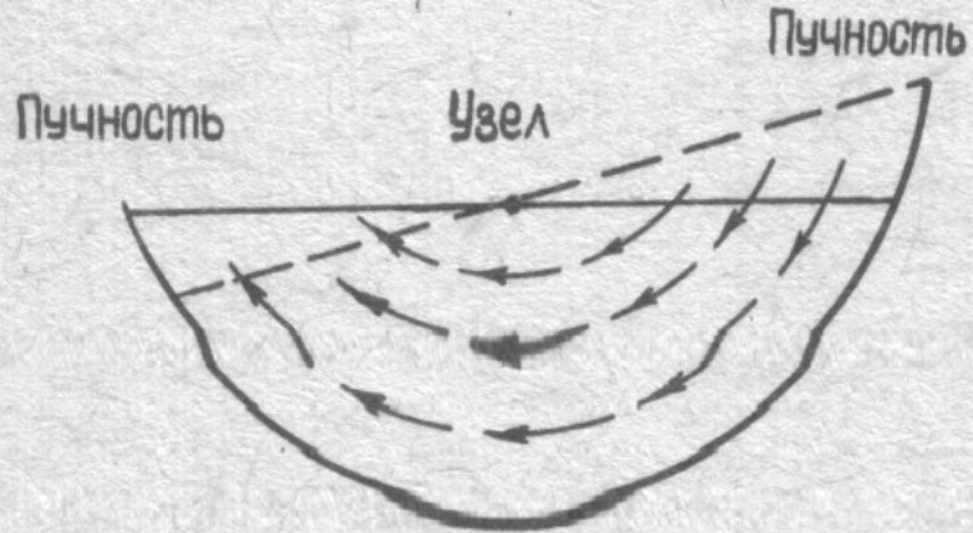
# Динамические явления в озерах - постоянные и временные

- **Ветровые волны в озерах отличаются от океанских размерами и формой**
  - Максимальная высота волн на больших озерах не превышает 4 – 5 м, на малых – 0,5 м
  - Озерные волны круче морских, т.к. меньше по длине;
  - Обычно гребни волн не образуют правильной линии фронта, как в океане, а располагаются как бы в шахматном порядке
  - Волны в озерах сравнительно быстро развиваются и гаснут после прекращения ветра
  - На озерах больше, чем на морях сказывается влияние таких факторов, как размер водоема, глубина и рельеф дна

# Динамические явления в озерах - постоянные и временные

- **Сейши** - колебания всей массы воды, причем по поверхности ее не распространяется никакой волны
- **Причины возникновения** - резкие изменения атмосферного давления и ветер, вызывающий сгонно-нагонный переко́с (денивиляцию) уровня. После прекращения действия силы, вызвавшей денивиляцию, вся водная масса, стремясь возвратиться в состояние равновесия, приходит в колебательное движение, причем поверхность водоема приобретает уклон то в одну, то в другую сторону
- Неподвижная ось, около которой колеблется зеркало озера, называется узлом

# Сейши



*Сейши*

# Термический режим озер

- Обусловлен приходом и расходом тепла во времени и распределением его в водной массе и котловине
- Тепловой баланс озера
- $R \pm LE \pm P + Q_{\text{пр}} - Q_{\text{ст}} \pm Q_{\text{л}} \pm \Delta Q_{\text{в}} \pm \Delta Q_{\text{г}} = 0$
- $R$  — радиационный баланс
- $LE$  — потери тепла на испарение или приход его при конденсации водяных паров на поверхность водоема
- $P$  — потери или приход тепла в результате турбулентного теплообмена поверхности воды с атмосферой
- $Q_{\text{пр}}, Q_{\text{ст}}$  — тепло, приносимое притоком речных вод в водоем и теряемое со стоком из водоема
- $Q_{\text{л}}$  — тепло, затрачиваемое на таяние льда или выделяемое при льдообразовании
- $\Delta Q_{\text{в}}, \Delta Q_{\text{г}}$  — изменения количества тепла за расчетный период в водной массе и донных отложениях.

# Характеристика процесса нагревания и охлаждения воды в озерах

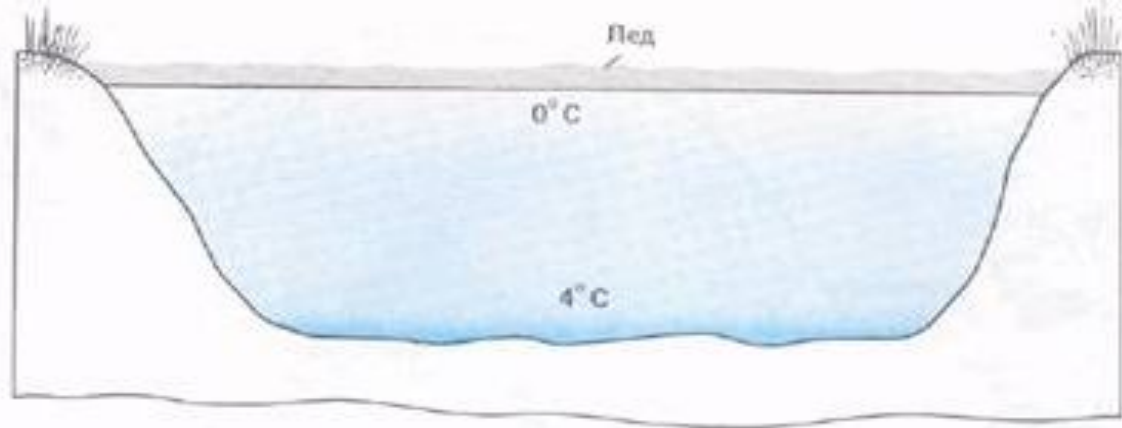
- $T = 0 \div 4^{\circ}\text{C}$
- $T \nearrow$  с глубиной - обратная термическая стратификация
- $T$  по всей толще воды озера -  $4^{\circ}\text{C}$  - явление постоянства температуры по глубине – **гомотермия**
- $T > 4^{\circ}\text{C}$  –  $T \searrow$  с глубиной - прямая термическая стратификация

# СЛОЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО СКАЧКА

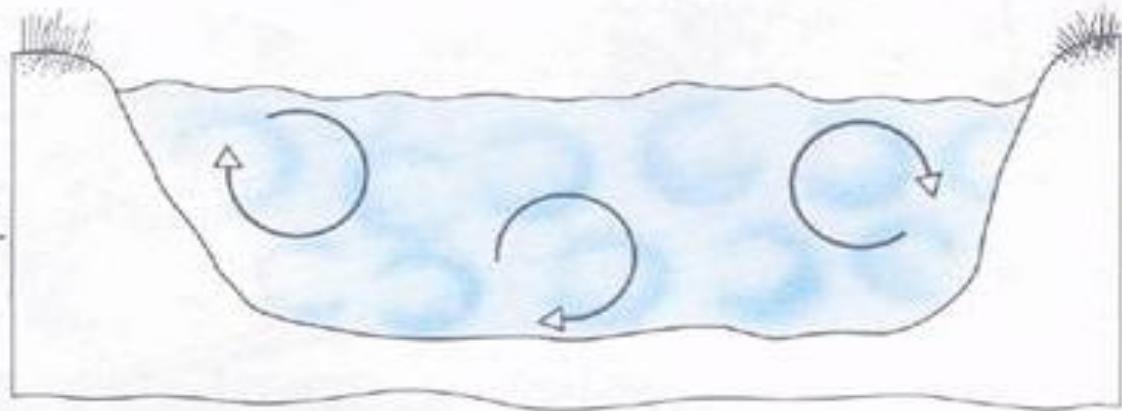
- После того как установится прямая температурная стратификация, в течение дня верхние слои воды будут нагреваться, а ночью, когда нагревание солнцем прекращается, охлаждаться □  
выравнивание температуры в поверхностном слое воды □ на нижней границе этого слоя температура резко изменяется, образуя **слой температурного скачка (металимнион)**
- Слоем скачка вся толща озерной воды разделяется на два слоя: верхний (**эпилимнион**) с малыми градиентами температуры из-за интенсивного перемешивания и нижний (**гиполимнион**) также с малыми градиентами, но, наоборот, обусловленными слабым перемешиванием.

# Нагревание озера

ЗИМА



ВЕСЕННЕЕ  
И ОСЕННЕЕ  
ПЕРЕМЕШИ-  
ВАНИЕ

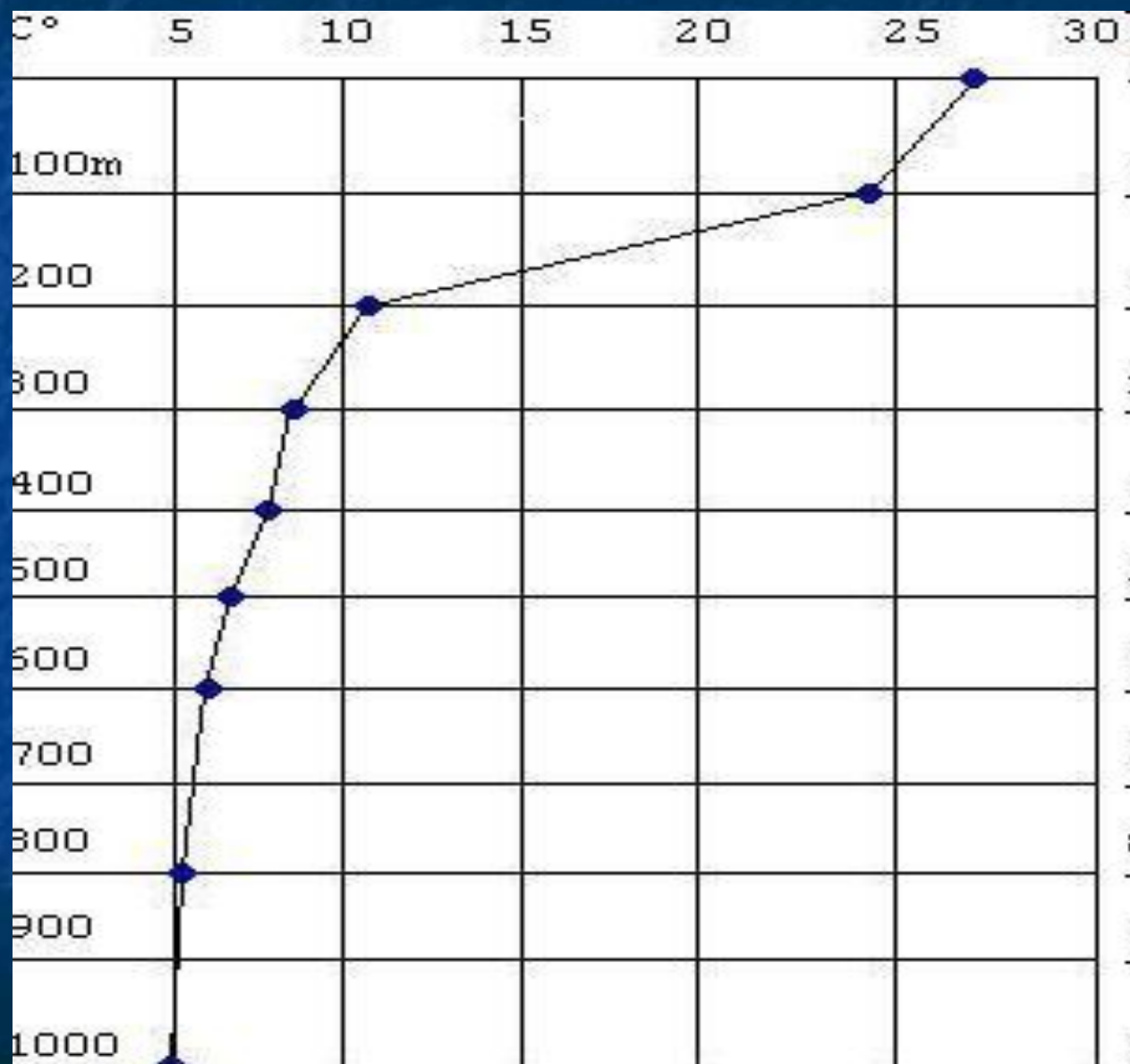


ЛЕТО





# Термоклин



# Изменение температуры воды в озерах в течение года

- В годовом цикле изменения температуры воды можно выделить следующие периоды:
  - 1) весеннего нагревания
  - 2) летнего нагревания
  - 3) осеннего охлаждения
  - 4) зимнего охлаждения

# Термические типы озер

- 1) теплые с постоянной прямой стратификацией
- 2) холодные с постоянной обратной стратификацией
- 3) смешанные с переменной стратификацией по временам года

# Ледовые явления. Замерзание

- Замерзание озера может начаться только после того, как температура всей массы воды понизится до  $4^{\circ}\text{C}$ , а верхних слоев — до  $0^{\circ}\text{C}$
- Вначале лед образуется у берегов, на отмелях, в заливах, а затем ледяной покров распространяется и на более глубокие места
- Увеличение толщины ледяного покрова сначала происходит довольно быстро, а затем постепенно замедляется и, наконец, совсем прекращается

# Ледовые явления. Таяние

- С установлением положительного теплового баланса происходит таяние и разрушение льда, а затем вскрытие озера
- В проточных озерах лед может увлекаться рекой, вытекающей из озера (лед из Ладожского озера проходит по р. Неве и создает второй более поздний по времени «ладожский ледоход»)

# Влияние озер на климат побережий

- Это влияние определяется
  - размером водной поверхности озера
  - объемом его водной массы
- Испарение с водной поверхности влияет на влажность воздуха приозерного района
- Обладая большой тепловой инерцией, крупные, незамерзающие водоемы смягчают климат прибрежных районов

# Химический состав озерной воды

- Определяется
  - составом воды притоков
  - Составом питающих озеро подземных вод
  - связан с биологическими процессами, происходящими в озере
  - с комплексом физико-географических условий, характеризующих бассейн водосбора озера
  - наличие или отсутствие стока из озера

# Химический состав озерной воды

- Минерализация озерных вод
  - от нескольких тысячных до 350 г на 1 кг раствора
  - Минерализация воды озер, имеющих сток, обычно не  $> 200—300$  мг/л (Минерализация таких озер, как Байкал, Ладожское, Онежское, не превышает  $30—100$  мг/л)
  - Особенно бедны растворенными солями воды горных озер, а также воды озер, находящиеся среди верховых сфагновых болот и питающихся почти исключительно атмосферными осадками
  - Наиболее богаты солями озера засушливых и полупустынных областей



# Химический состав озерной воды

- 3 основных типа минеральных озер:
  - карбонатные (содовые)
  - сульфатные (горько-соленые)
  - хлоридные (соленые)
- При изменении природных условий один тип может переходить в другой
- По происхождению солевой массы
  - морские, образовавшиеся на месте отделившихся от моря заливов и лиманов
  - континентальные, солевая масса которых возникла за счет атмосферных осадков и стока вод суши

# Озерные отложения

- формируются в результате:
  - поступления в озеро речных и эоловых наносов и продуктов абразии (разрушения берегов (терригенные разрушения);
  - накопления продуктов химических реакций (хемогенные отложения);
  - отложения остатков отмирающих живых организмов (биогенные отложения);
- Биогенные отложения подразделяются на:
  - 1) минеральные остатки отмерших организмов и 2) органические вещества.
- Особо важная форма озерных отложений - **сапропели** (гниющий ил) - уплотнившиеся осадки преимущественно органического происхождения.
- Место образования сапропелей - тихие и достаточно глубокие водоемы с застойной или малопроточной водой

# Основные особенности гидрологического режима водохранилищ

- Водоохранилища в долинах рек - **русловые (речные)** водохранилища (в условиях широких долин русловые водохранилища приобретают ясно выраженные черты искусственных озер)
- В систему емкостей, регулирующих сток рек, включают естественные озера, в которых накапливают дополнительные запасы воды путем возведения плотин в истоке реки, вытекающей из озера - **озерные** водохранилища

# Основные особенности гидрологического режима водохранилищ

## ■ Режим уровней

- Быстрое наполнение и сработка водохранилищ создают резкие колебания уровней (на водохранилищах малой (по отношению к притоку) емкости уровни могут изменяться в течение суток и даже нескольких часов)

## ■ Условия водообмена

- Относительно большая проточность → высокие скорости постоянных течений (Даже в таком крупнейшем водохранилище, как Рыбинское, замена воды в пределах сливной призмы в среднем осуществляется примерно дважды в течение весны. Полная смена воды в пределах этого водохранилища в среднем осуществляется в течение годового периода)
- Быстрая смена водных масс → большее выравнивание температуры в водохранилищах, чем в озерах → меньший нагрев поверхностных слоев воды, чем на озерах той же площади, расположенных в однородных климатических условиях

# Основные особенности гидрологического режима водохранилищ

## ■ **Формирование берегов**

- Естественные озера в условиях равнинного рельефа имеют такие берега, на которых уже не происходят интенсивные процессы размыва, имеющиеся движения твердых частиц, образующих берег, обычно приводят к их перемещению в береговой зоне без существенного сноса в глубинную область
- После создания водохранилищ ветровые волны (до 3 м) начинают интенсивно размывать склоны речной долины, которые до этого не соприкасались с водой и имели профиль, сформированный в условиях отсутствия постоянного воздействия воды → стремительное преобразование склонов

## Формирование берегов водохранилищ

- Могут происходить обрушения берегов (даже в течение одного летнего сезона) на расстоянии нескольких десятков метров от первоначального положения. При этом высота откосов может достигать 40—60 м и более. Общая зона разрушения береговой области до момента образования более или менее устойчивых береговых очертаний может достигать нескольких (двух-трех) километров.