



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

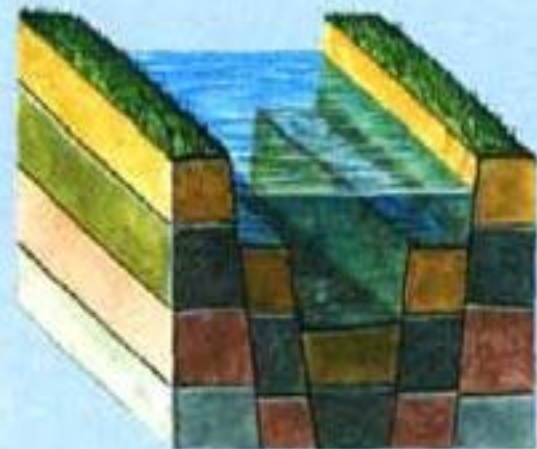
- располагающиеся в трещинах, сбросах, грабенах и отличающиеся значительной глубиной и размерами (Каспийское, Ладожское, Онежское, Байкал, Иссык-Куль, Севан, озера африканского грабена (Виктория, Ньяса, Танганьика и др.), американские Великие озера (Эри, Онтарио, Гурон, Мичиган, Верхнее))

■ 2. вулканические озера

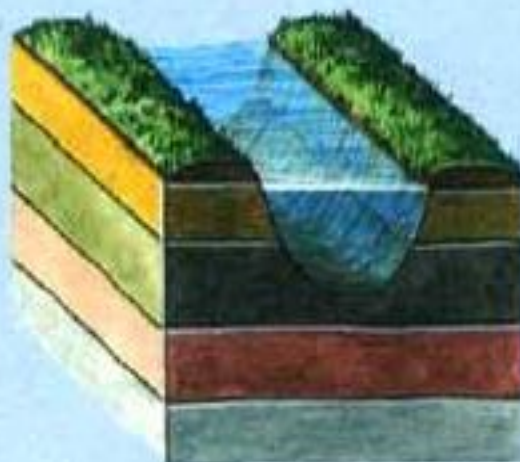
- занимающие кратеры потухших вулканов или располагающиеся среди лавовых полей (распространены в районах современной или древней вулканической деятельности (Исландия, Италия, Япония, Камчатка, Закавказье и др.))

Котловинные озера

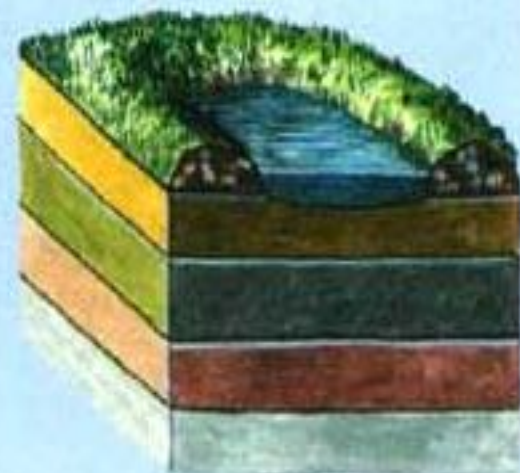
ТИПЫ ОЗЁРНЫХ КОТЛОВИН



Озеро в грабене

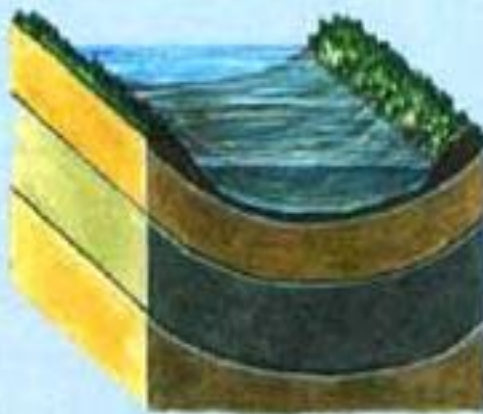


Озеро в борозде, выпаханной
ледником



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

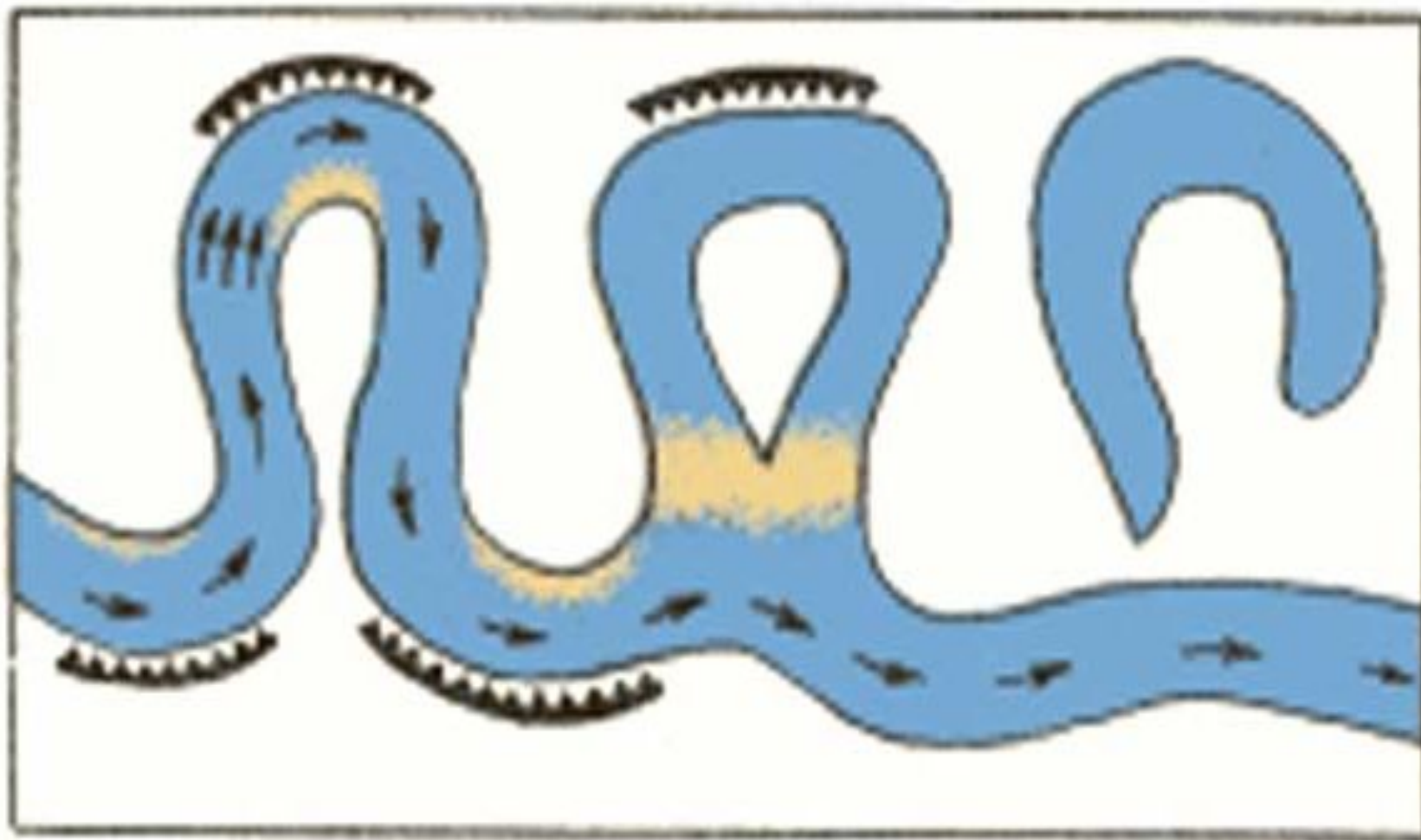
■ 4. гидрогенные озера

- 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. эоловые 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



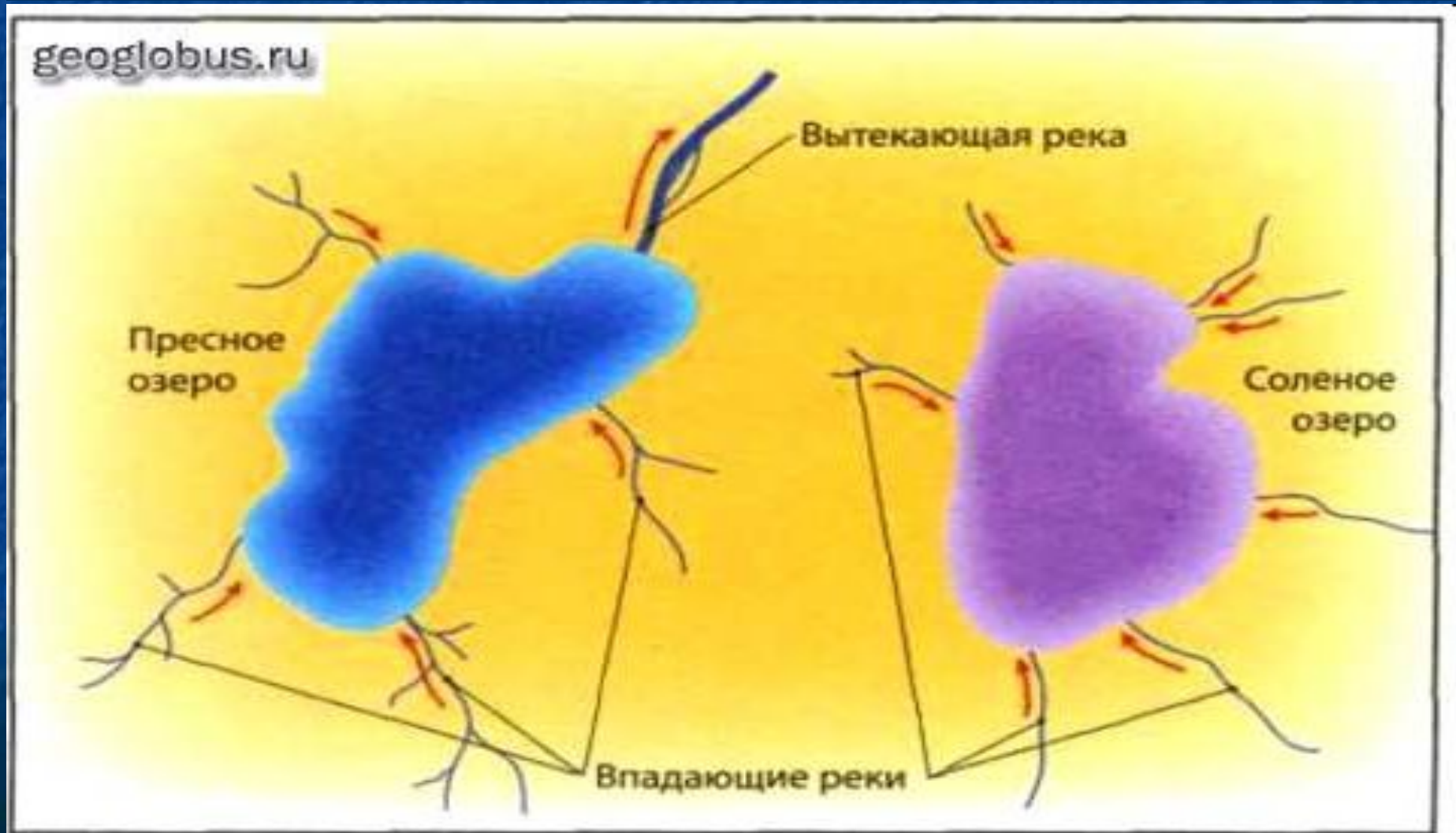
Морфометрические характеристики озер

- Площадь поверхности (зеркала) озера F (км²) — 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

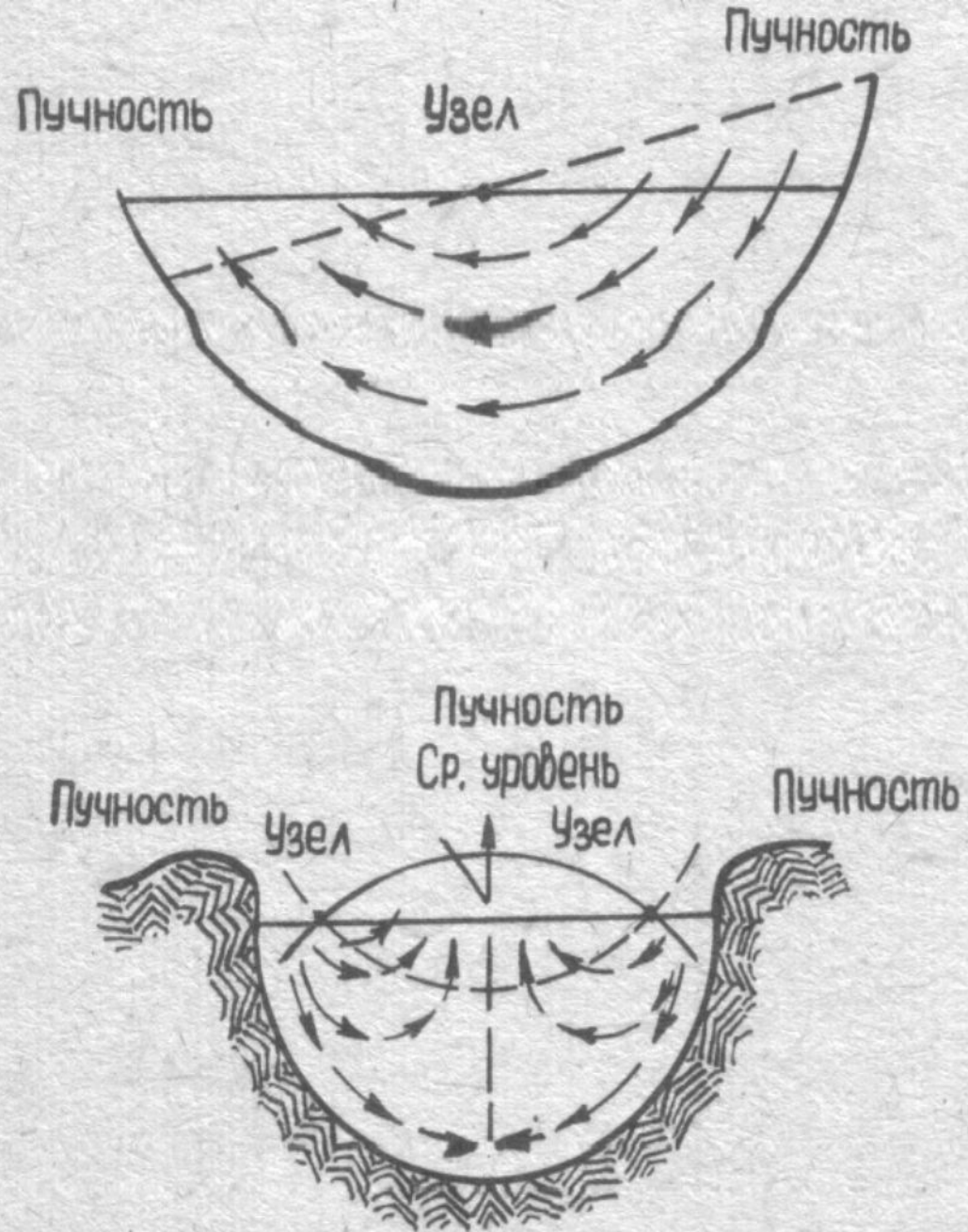
Динамические явления в озерах - постоянные и временные

- **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 перекоп (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

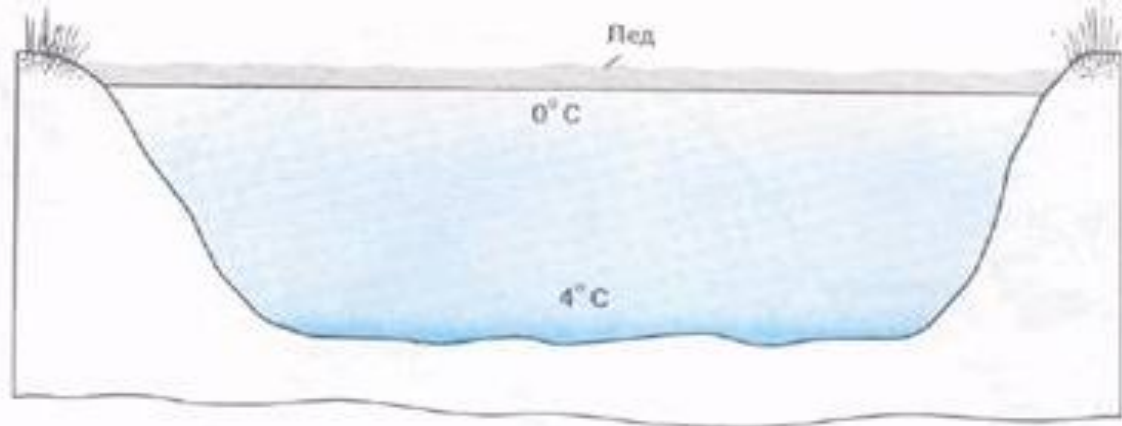
- $T = 0 \div 4^{\circ}\text{C}$
- $T \nearrow$ с глубиной - обратная термическая стратификация
- T по всей толще воды озера - 4°C - явление постоянства температуры по глубине – гомотермия
- $T > 4^{\circ}\text{C}$ – $T \searrow$ с глубиной - прямая термическая стратификация

СЛОЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО СКАЧКА

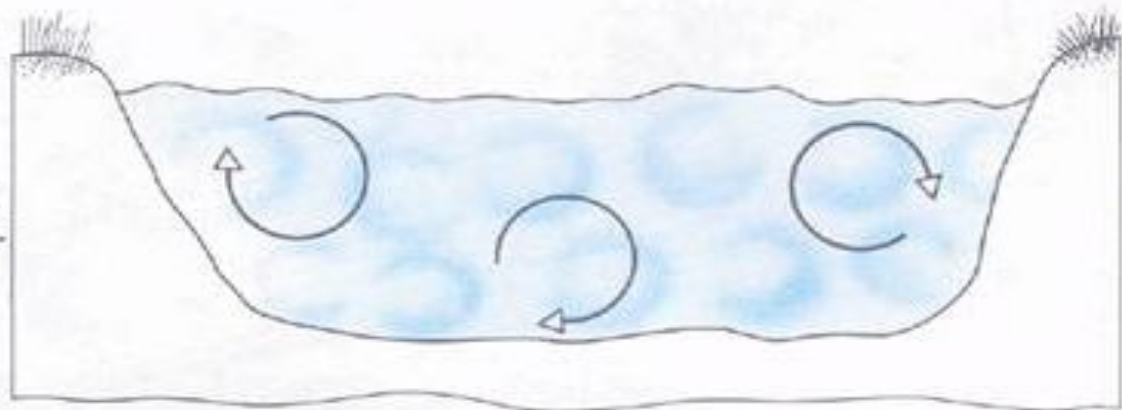
- После того как установится прямая температурная стратификация, в течение дня верхние слои воды будут нагреваться, а ночью, когда нагревание солнцем прекращается, охлаждаться □ выравнивание температуры поверхностном слое воды □ на нижней границе этого слоя температура резко изменяется, образуя **слой температурного скачка (металимнион)**
- Слой 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



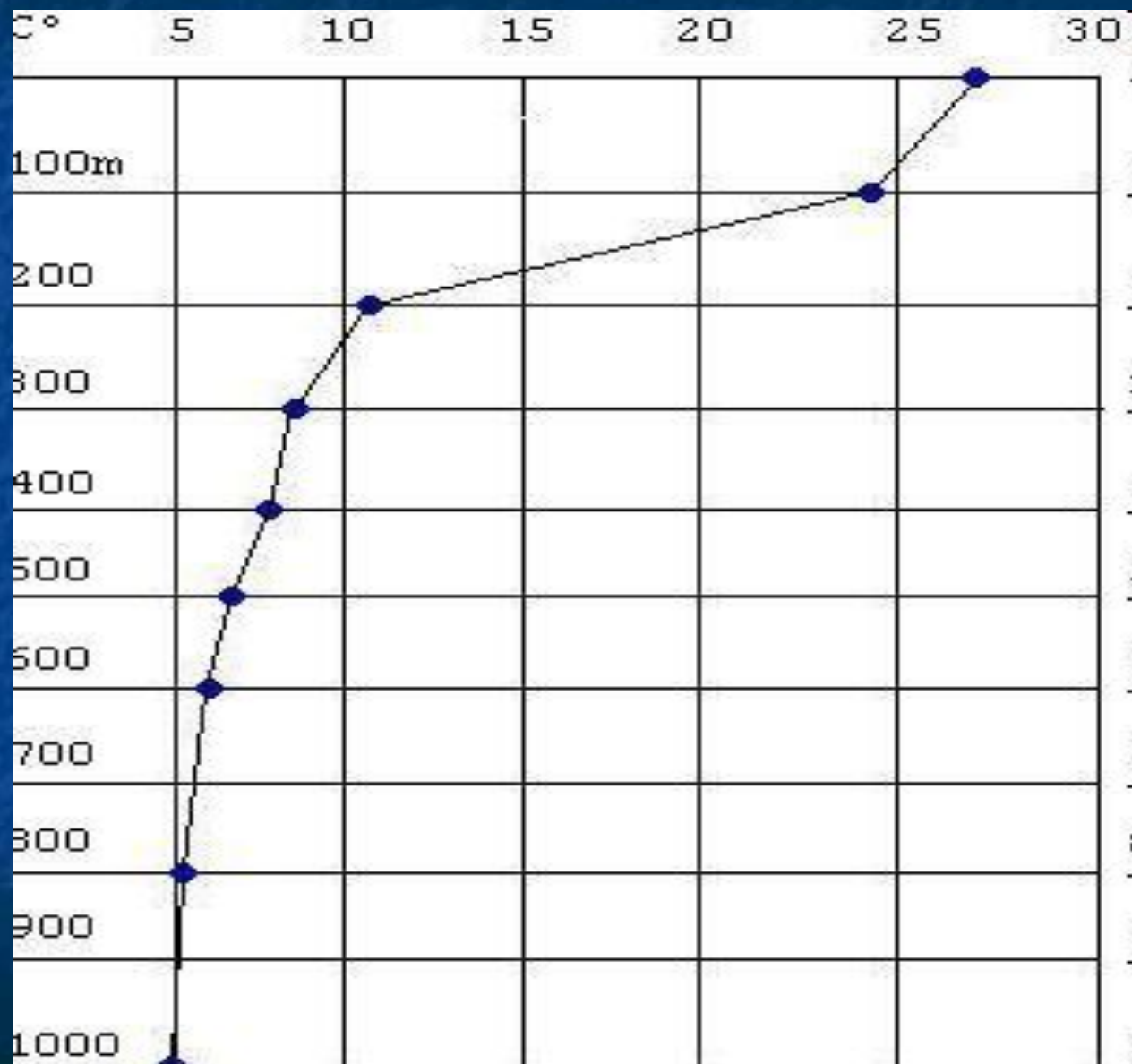
ВЕСЕННЕЕ
И ОСЕННЕЕ
ПЕРЕМЕШИ-
ВАНИЕ



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°C , а верхних слоев — до 0°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 $> 200\text{—}300$ мг/л (Минерализация таких озер, как Байкал, Ладожское, Онежское, не превышает $30\text{—}100$ мг/л)
 - Особенно бедны растворенными солями воды горных озер, а также воды озер, находящихся 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

- Водохранилища 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.