

ЛЕКЦИЯ 9. ГИДРОСФЕРА КАК ОДНА ИЗ ОБОЛОЧЕК ЗЕМЛИ

- 1. Общие представления о гидросфере*
- 2. Мировой океан*
- 3. Воды суши: реки, озера, подземные воды*



1. Общие представления о гидросфере

Гидросфера – это сплошная оболочка Земли, содержащая воду во всех агрегатных состояниях в пределах Мирового океана, криосферы (оболочка Земли, характеризующаяся содержанием воды в твердой фазе), литосферы и атмосферы и принимающая непосредственное участие в планетарном круговороте влаги (гидрологическом цикле)



Верхняя граница гидросферы проводится по поверхности океана, так как пары воды в атмосфере составляют небольшую часть гидросферы. **Нижняя граница** проводится по дну океана, в литосфере – по границе распространения подземных вод.

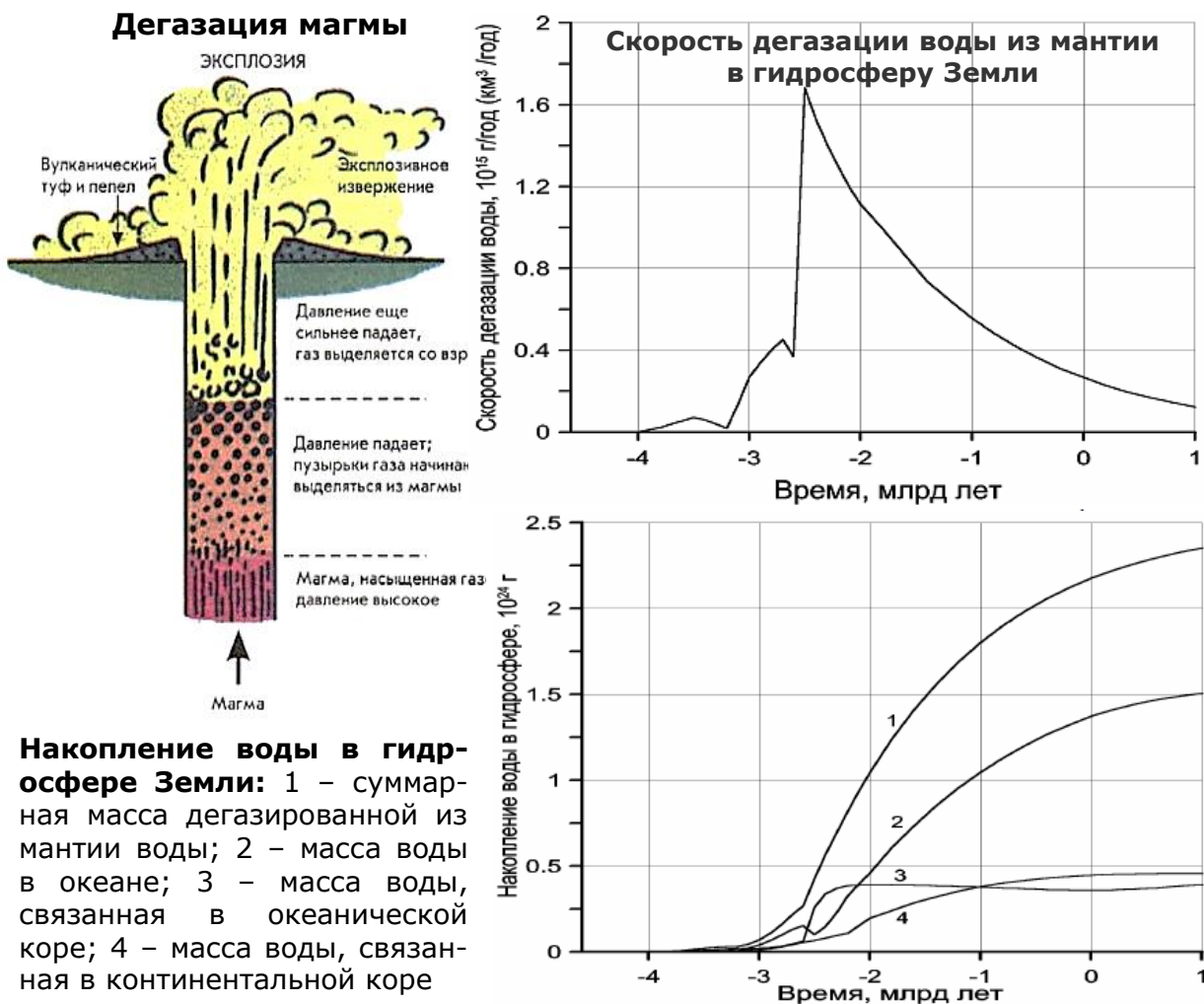


Объем воды различных частей гидросферы

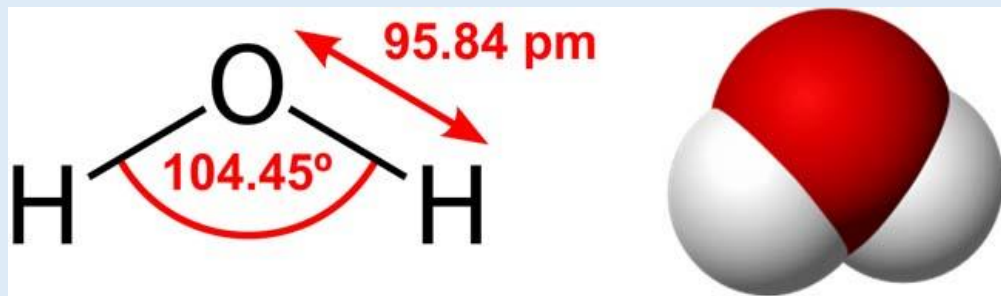
Части гидросферы	Объем		
	тыс. км ³	% от общего объема	% от объема пресных вод
Мировой океан	1 338 000	96,5	—
Подземные воды	23 700	1,72	30,9
Ледники	26 064	1,74	68,7
Озера	176	0,013	0,26
Почвенная влага	16,5	0,001	0,05
Воды атмосферы	12,9	0,001	0,037
Болота	11,5	0,0008	0,033
Водохранилища	6,0	0,0004	0,016
Реки	2,0	0,0002	0,006

Основная масса гидросферы (возникла около 4,0–3,5 млрд. лет назад) сформировалась в результате процессов выплавления и дегазации вещества мантии Земли и определялась глубинными геофизическими процессами. Дегазация является следствием мощного механизма химико-плотностной гравитационной дифференциации вещества мантии на границе с ядром, приводившего к возникновению в мантии конвективной циркуляции

Примерно 4,0 млрд. лет назад первичная гидросфера тонким слоем покрывала всю Землю и воды ее были минерализованы. **В настоящее время происходит выделение воды из мантии со скоростью 1 км³ в год (ювенильная вода), в связи с этим предполагают увеличение объема водной массы океана на 6–7% в течение ближайшего миллиарда лет.**



Вода – одно из самых распространенных на Земле химических соединений. Это простейшее и устойчивое соединение водорода с кислородом (оксид водорода): 11,19% водорода и 88,81% кислорода (по массе). Вода гидросферы – природный раствор, в котором кроме воды присутствуют соли, газы и организмы



Солёность



Количество минеральных солей, растворённых в 1 л морской воды



35 г

СОЛЬ



Воды гидросферы участвуют во всех влагооборотах на Земле – большом, малом и внутриматериковом. Большой и малый влагообороты связаны между собой переносом водяного пара с океана на сушу и поверхностным и подземным стоком с суши на океан.

2. Мировой океан

Мировой океан – пространство Земли, покрытое водами океанов и морей, представляющее собой непрерывную водную оболочку.



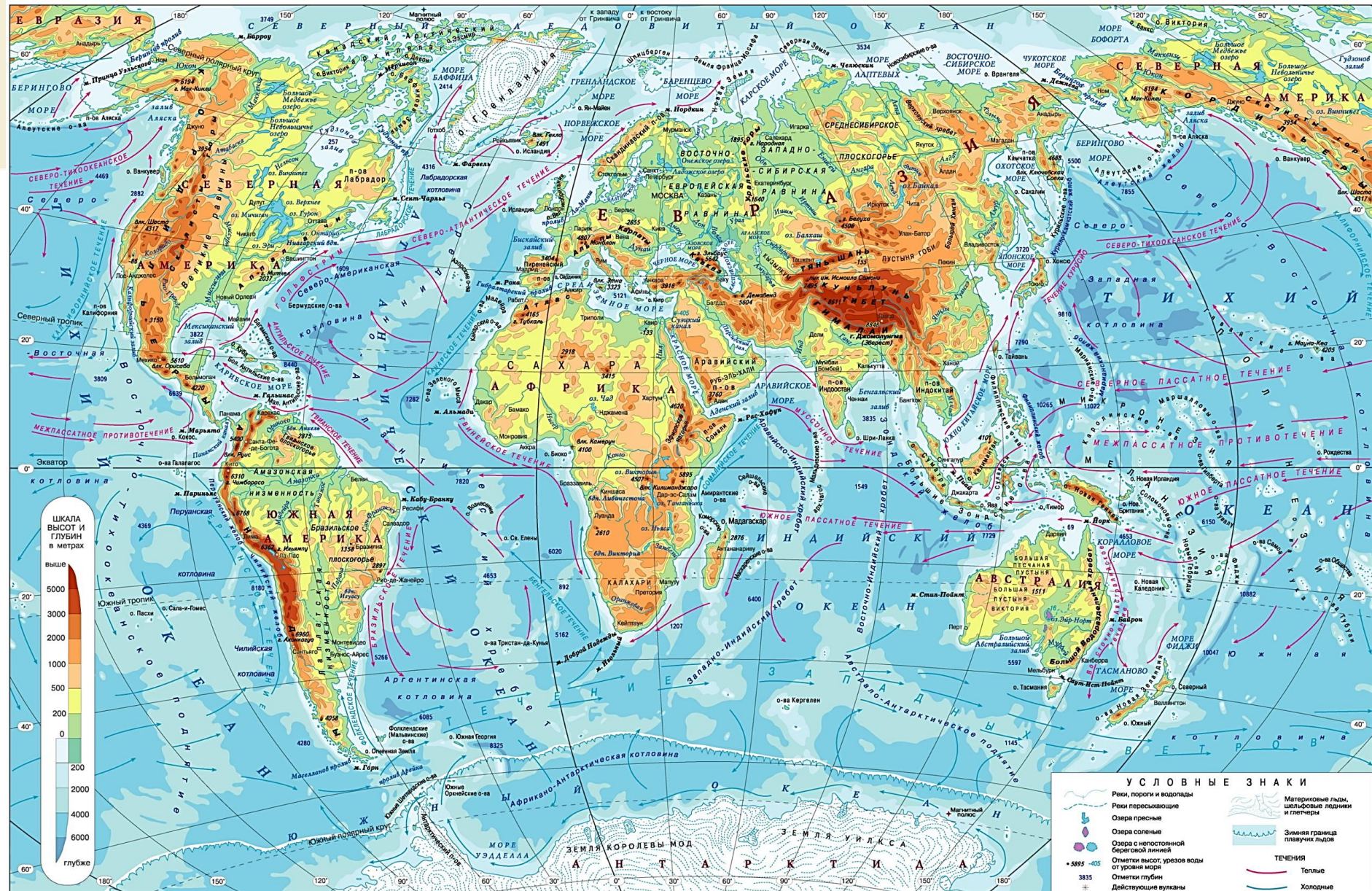
**Юлий Михайлович
ШОКАЛЬСКИЙ**



Океан – часть мирового океана, расположенная между отдельными материками и отличающаяся своеобразной конфигурацией береговой линии и особенностями подводного рельефа, со специфической схемой течений, атмосферной циркуляцией, особенностями горизонтального и вертикального распределения температуры и солёности воды, растительным и животным миром.

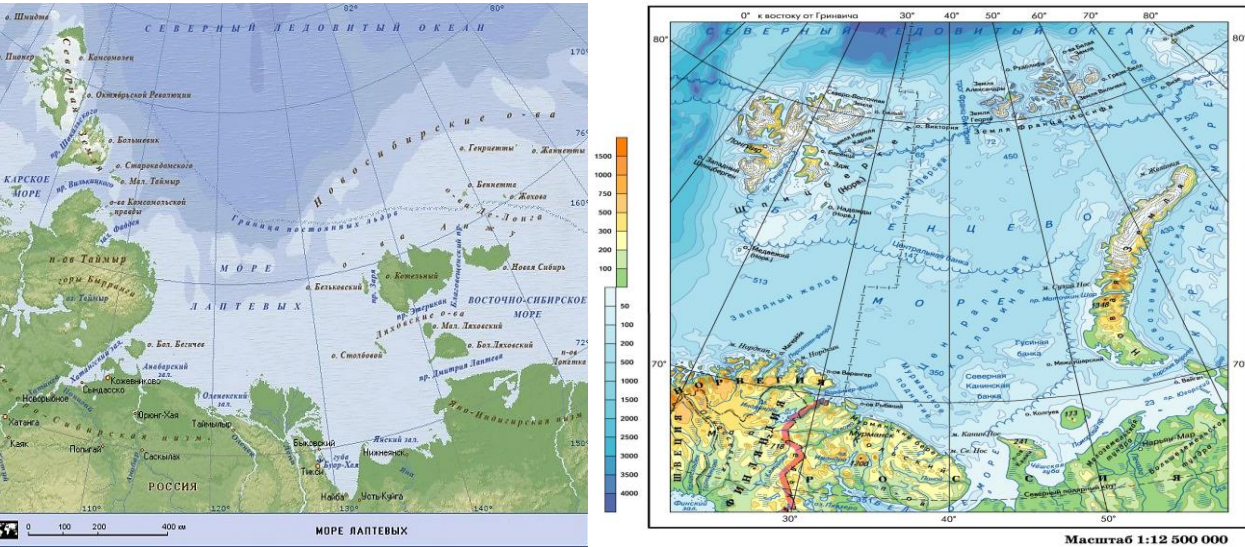


В 2000 году Международная гидрографическая организация приняла решение выделять Южный океан как самостоятельный пятый океан, соединяющий в себе южные части Атлантического, Индийского и Тихого океанов, в пределах, ограниченных с севера 60-й параллелью южной широты

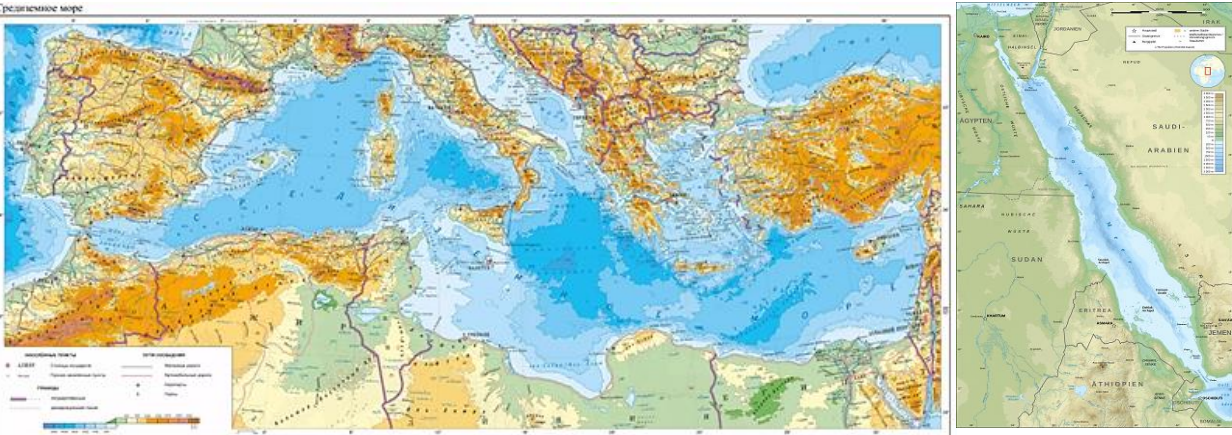


Море – обособленная часть океана, отличающаяся собственным гидрологическим режимом, особенностями физических и химических свойств.

1. Окраинные моря
(арктические моря, за исключением Белого моря)



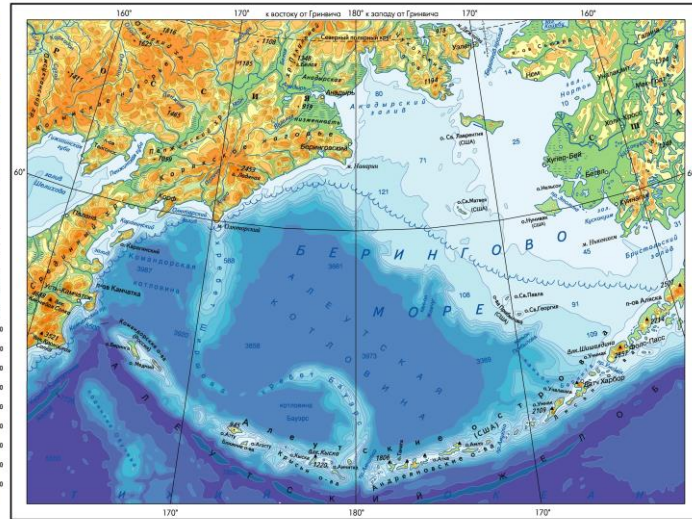
2. Внутренние моря
средиземные межматериковые



средиземные внутриматериковые



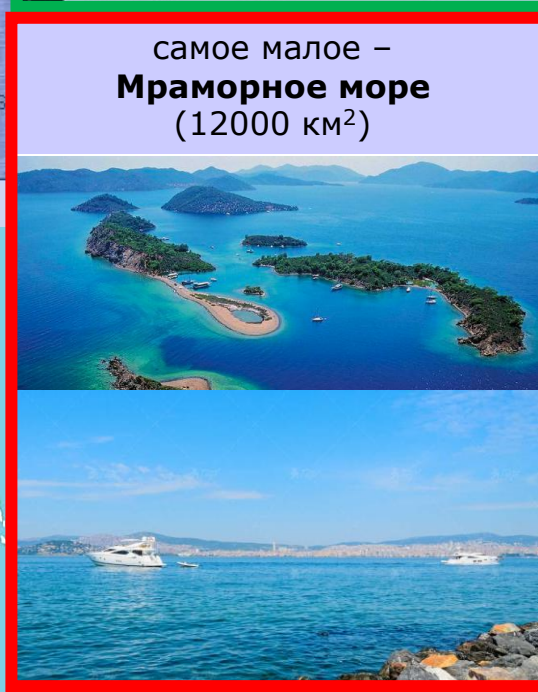
внутренние полузамкнутые



3. Межостровные моря



Самое большое и глубокое – **Коралловое море** (4,07 млн. км², 10038 м)



самое малое – **Мраморное море** (12000 км²)

Заливы – части океана или моря, вдающиеся в сушу и слабо обособленные от открытого океана или моря. В зависимости от происхождения, формы и строения берегов заливам часто дают местные названия (бухта, губа, фиорд, лиман и др.).



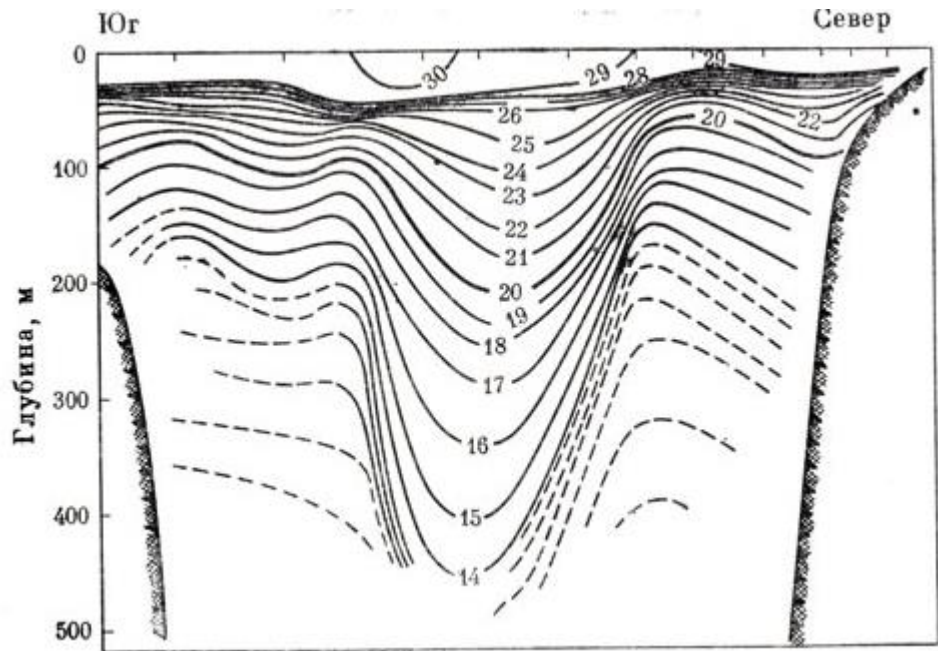
Проливы – узкие части океана, разделяющие материки или острова и соединяющие два соседних водоема.





Вертикальная структура океана сопоставима со стратификацией атмосферы.

Океанографический разрез Мексиканского залива (цифры - летняя температура)



Воды	Океаническая тропосфера (ограничена конвекцией вод)	Океаническая стратосфера (холодные однородные воды)
поверхностные	0–500 м	–
промежуточные	500–1200 м	–
глубинные	–	1200–2500 м
придонные	–	>2500 м

направление течений со скоростью менее 10 см/с;

направление перемещения вод в меридиональном сечении;

стержни основных течений (со скоростью более 15 см/с);

пределы распространения водных масс (физические фронты);

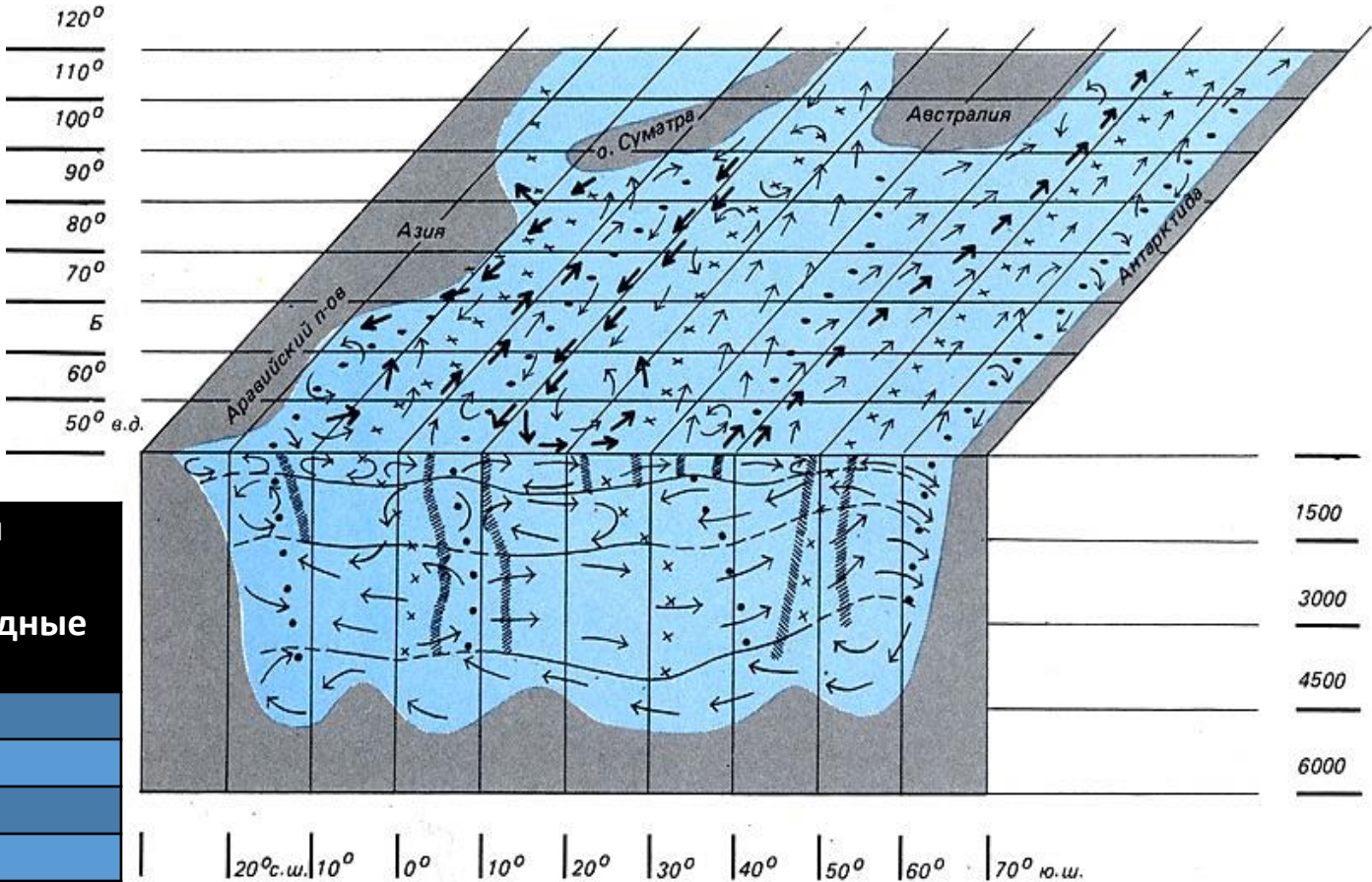
слабая стратификация.

границы структурных зон

дивергенция;

конвергенция;

Общая циркуляция вод в Индийском океане



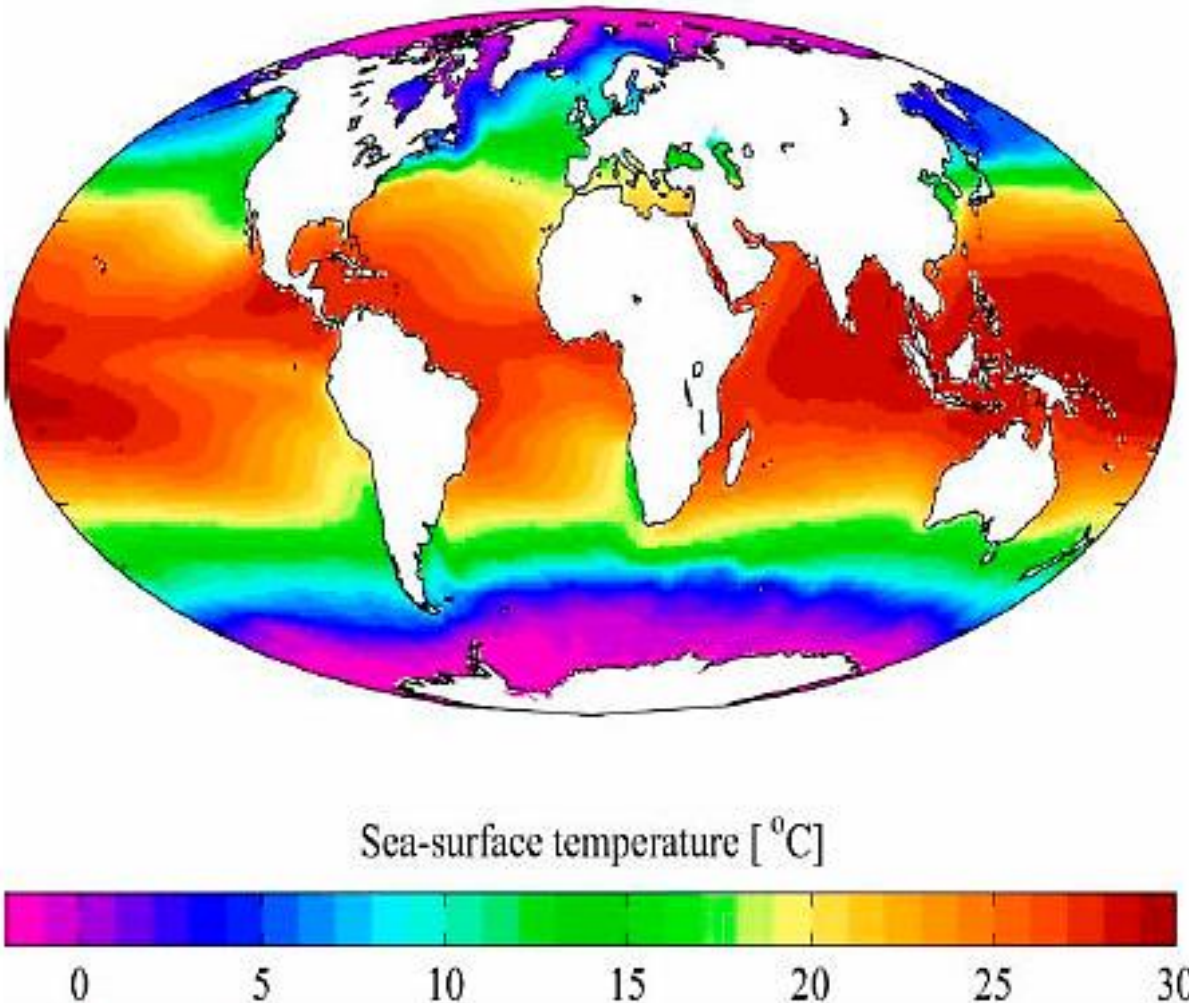
Температурный режим вод Мирового океана

Температурный режим вод Мирового океана определяется тепловым балансом. Океан **получает теплоту** за счет суммарной солнечной радиации, конденсации влаги на водной поверхности, льдообразования и химико-биологических процессов, идущих с выделением теплоты

Теряется теплота за счет эффективного излучения водной поверхности, испарения воды, таяния льда, турбулентного обмена с атмосферой, нагрева холодной воды рек и течений



Тип распределения температуры	Термоклин, м	Температура до термоклина	Температура после термоклина
Экваториальный	300	27° C	11° C
Тропический	300	26° C	14° C
Субтропический	300	20° C	14° C
Субполярный	150	8° C	5° C
Полярный	100	5° C	2° C



Физико-химические свойства вод Мирового океана

1. Соленость

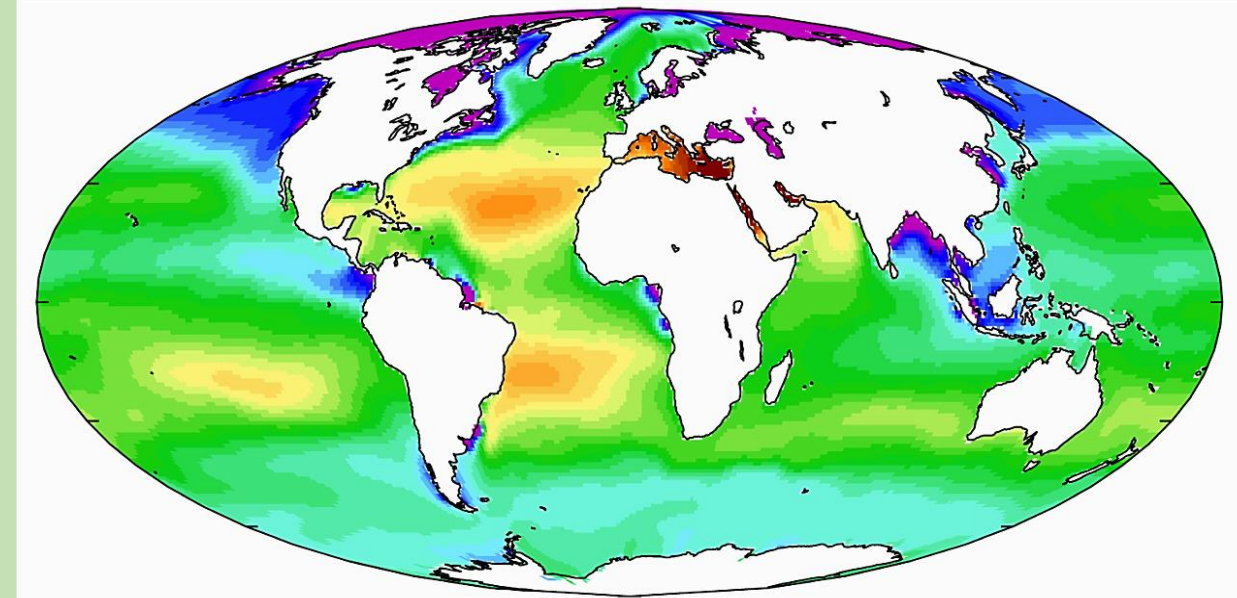
На 1 кг морской воды приходится 19,35 г хлора, 2,70 г сульфатов, 0,1 г гидрокарбонатов, 10,76 г натрия, 1,30 г магния, 0,41 г кальция.



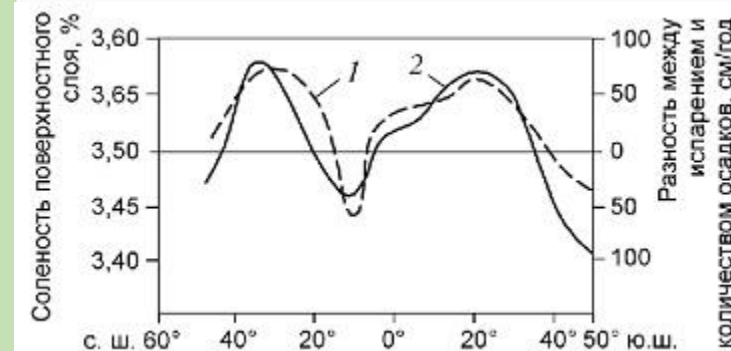
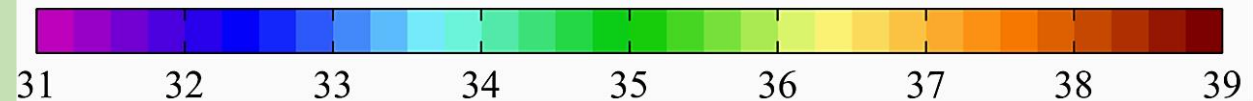
Мартин Кнудсен

Общая соленость определяется по количеству хлора в воде:

$$S = 0,030 + 1,805 Cl$$



Sea-surface salinity [PSU]

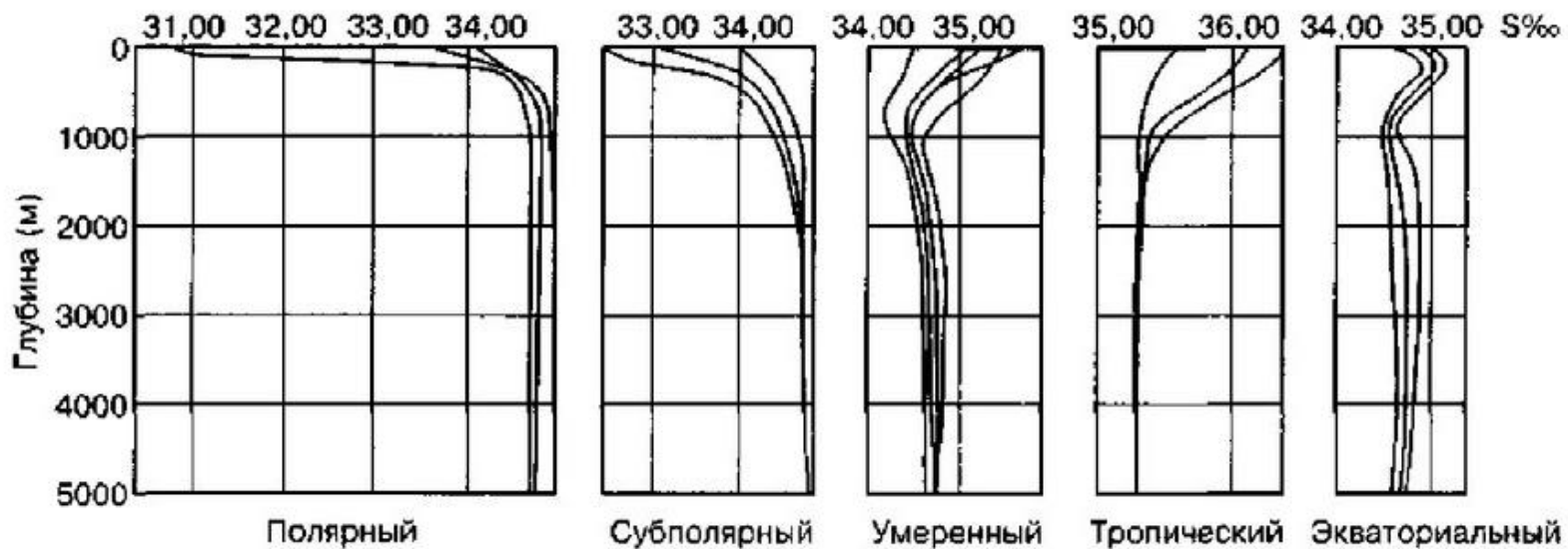


Распределение солености в водных массах зависит от:

1. Соотношения осадков;
2. Притока речных вод;
3. Испарения;
4. Циркуляции вод;
5. Деятельности живых организмов и др.

Широты	Соленость, ‰	Причина
Экватор	33–34	резкое увеличение атмосферных осадков, сток полноводных экваториальных рек и немного пониженное испарением из-за высокой влажности
Тропики	36,5	высокое испарение и небольшое количество осадков в барических максимумах давления
Умеренные и полярные	33–33,5	увеличение количества осадков, сток речных вод и таяние морских льдов
Среднее по Мировому океану – 36‰		

Соленость вод океана с глубиной различна на разных широтах



1. В экваториальных широтах соленость с глубиной постепенно возрастает и достигает максимального значения на глубине 100 м. На этой глубине к экватору подходят более соленые и плотные воды из тропических широт океанов. До глубины 1000 м соленость очень медленно уменьшается до 34,62‰, глубже соленость практически не меняется.

2. В тропических широтах соленость немного увеличивается до глубины 100 м, затем плавно уменьшается до глубины 800 м. На этой глубине в тропических широтах наблюдается самая низкая соленость (34,58‰). Очевидно, здесь распространяются менее соленые, но более холодные воды высоких широт. С глубины 800 м она немного увеличивается.

3. В субтропических широтах соленость быстро уменьшается до глубины 1000 м (34,48‰), затем становится почти постоянной. На глубине 3000 м она составляет 34,71‰.

4. В субполярных широтах соленость с глубиной медленно увеличивается с 33,94 до 34,71‰, в полярных широтах соленость с глубиной возрастает более существенно – с 33,48 до 34,70‰

Соленость вод крупнейших океанов

Глубина, м	Океаны		
	Атлантический	Индийский	Тихий
0	35,32	34,68	34,61
200	35,38	34,97	34,79
500	34,92	34,84	34,47
1000	34,80	34,69	34,48
3000	34,87	34,75	34,68



Соленость воды в некоторых морях и заливах (в ‰)

Средиземное море	- 39
Черное море	- 18
Карское море	- 10
Баренцево море	- 35
Бенгальский залив	- 32
Красное море	- 43
Карибское море	- 35

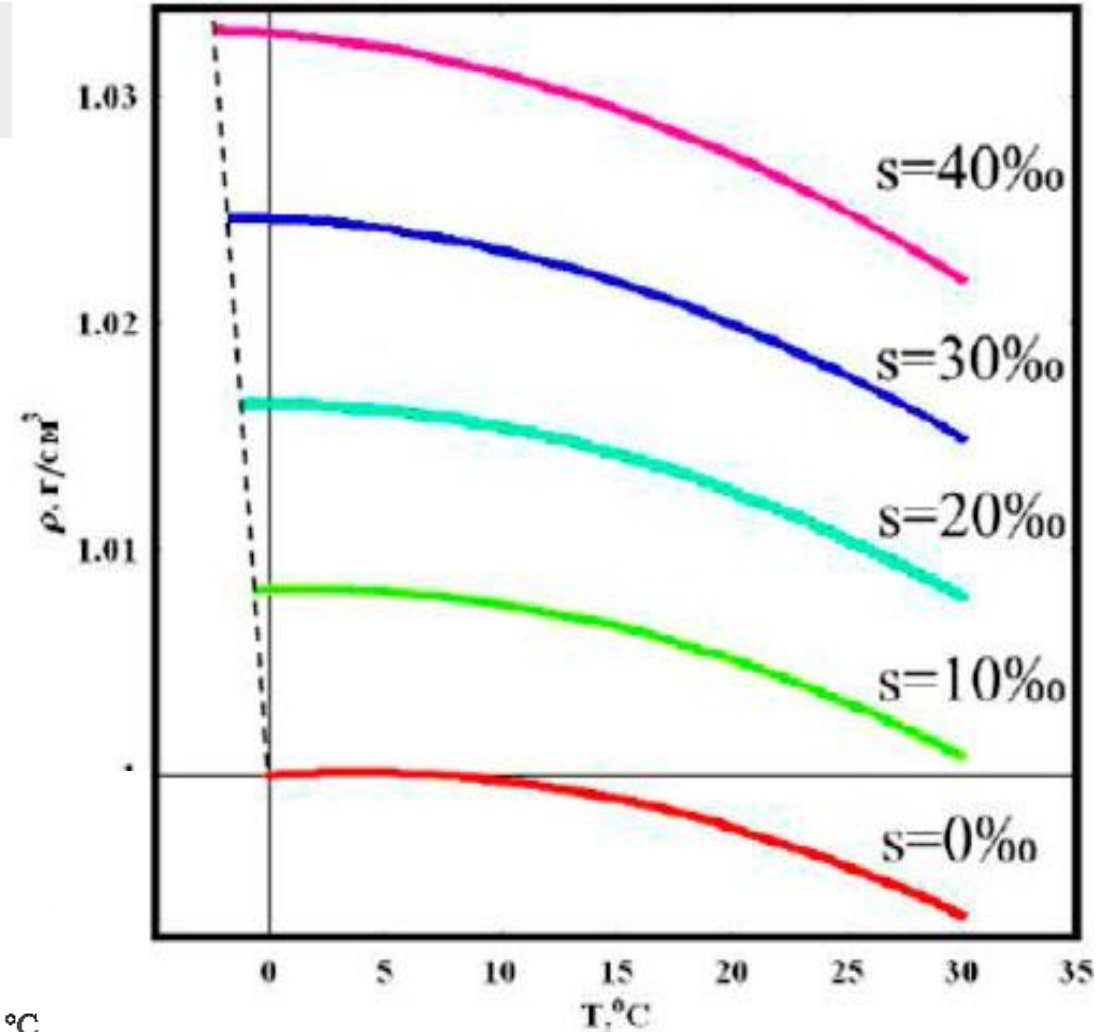
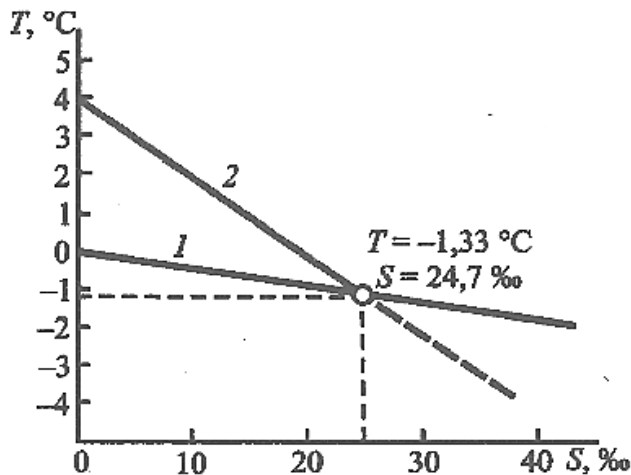
2. Плотность

Плотность – отношение массы вещества к его объему ($\text{кг}/\text{м}^3$).

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Плотность воды зависит от содержания солей, температуры и глубины, на которой находится вода. При увеличении солёности воды плотность возрастает. Плотность воды увеличивается при понижении температуры, при увеличении испарения (так как увеличивается солёность воды), при образовании льда. С глубиной плотность растёт, хотя и очень незначительно из-за малого коэффициента сжимаемости воды

Фактическая температура	Фактическая плотность					
С	1,020	1,022	1,024	1,025	1,028	1,030
-2	1,0186	1,0205	1,0224	1,0243	1,0262	1,0281
0	1,0186	1,0205	1,0224	1,0243	1,0262	1,0281
+2	1,0187	1,0206	1,0225	1,0244	1,0263	1,0282
4	1,0187	1,0207	1,0225	1,0245	1,0264	1,0284
6	1,0188	1,0208	1,0227	1,0247	1,0266	1,0286
8	1,0190	1,0210	1,0229	1,0249	1,0269	1,0288
10	1,0192	1,0212	1,0232	1,0252	1,0271	1,0291
12	1,0195	1,0215	1,0235	1,0255	1,0274	1,0294
14	1,0198	1,0218	1,0238	1,0258	1,0278	1,0298
16	1,0202	1,0222	1,0242	1,0262	1,0282	1,0302
18	1,0206	1,0226	1,0246	1,0266	1,0286	1,0306
20	1,0210	1,0231	1,0251	1,0271	1,0291	1,0312
22	1,0215	1,0235	1,0256	1,0276	1,0296	1,0316
24	1,0220	1,0241	1,0261	1,0282	1,0302	1,0322

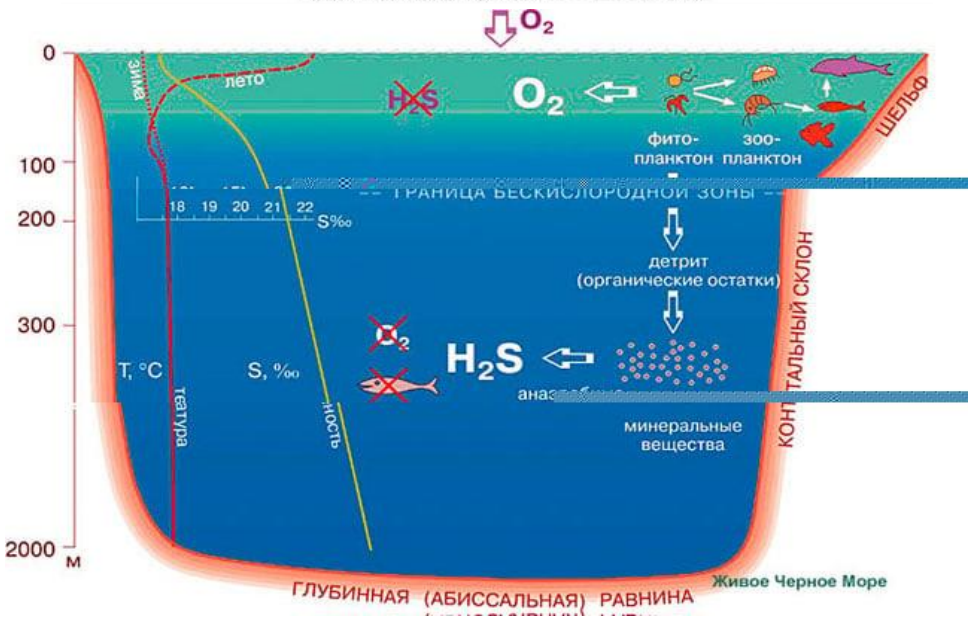
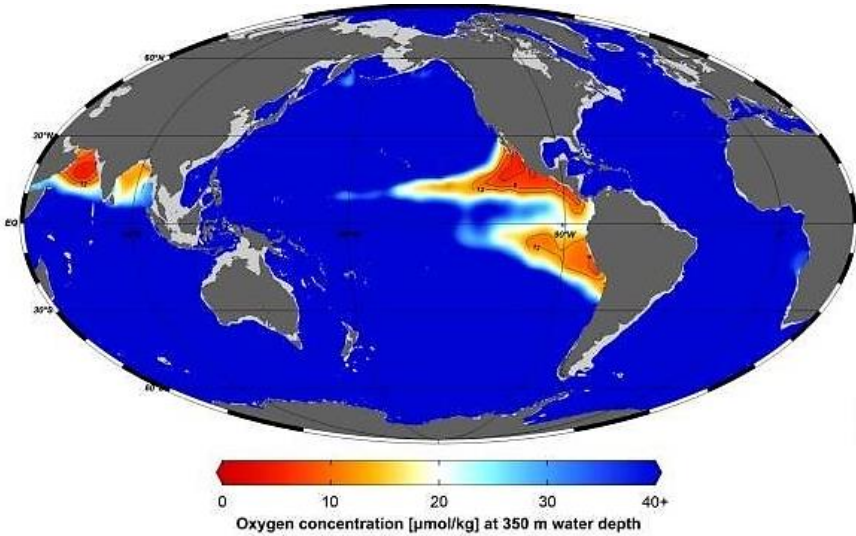


Зависимость температуры замерзания (1) и температуры наибольшей плотности (2) от солёности (S)

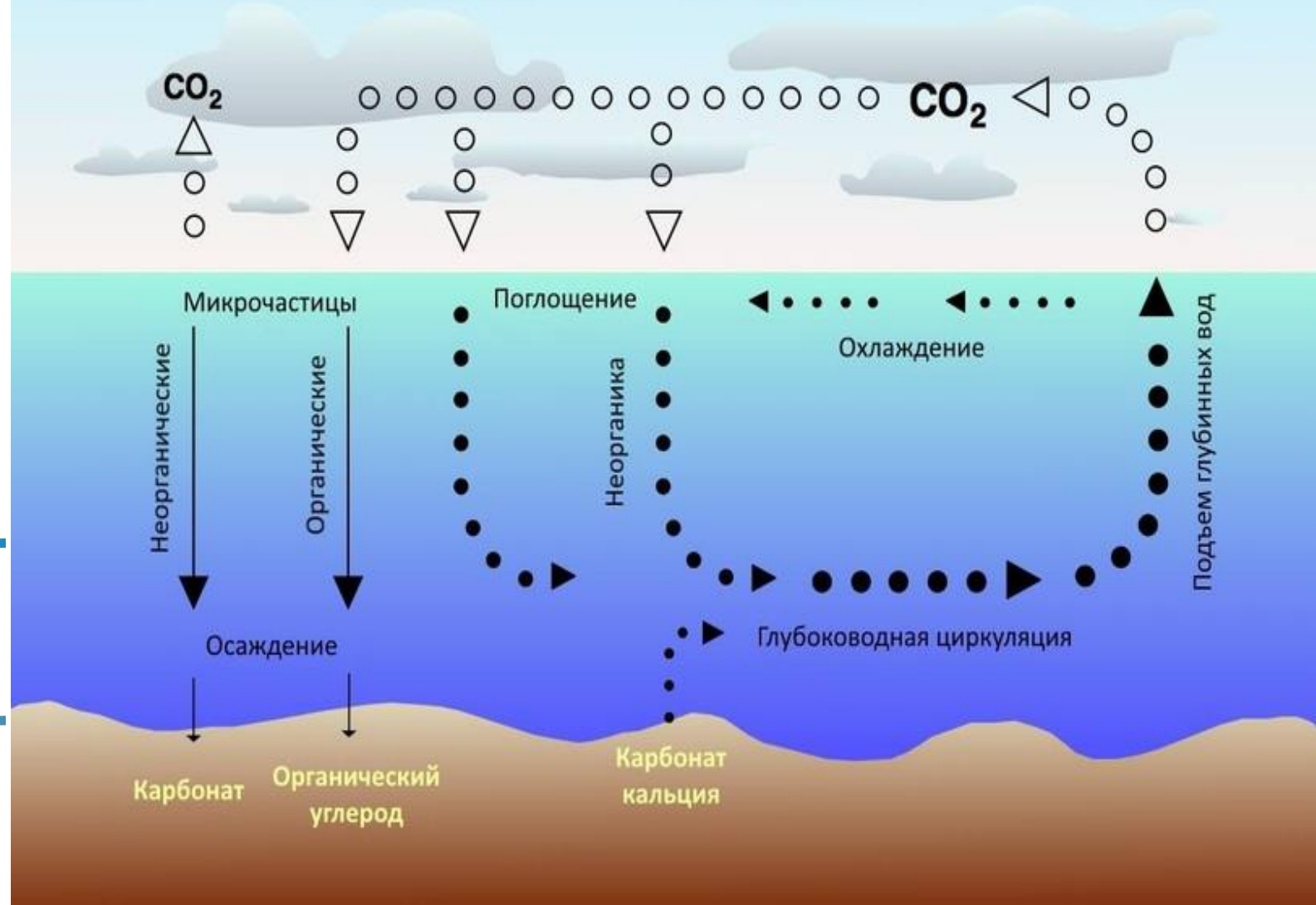
3. Содержание газов

Способность воды растворять газы зависит от температуры, солености и гидростатического давления. Чем выше температура и соленость воды, тем меньше газов может в ней раствориться

Содержание кислорода в водах Мирового океана



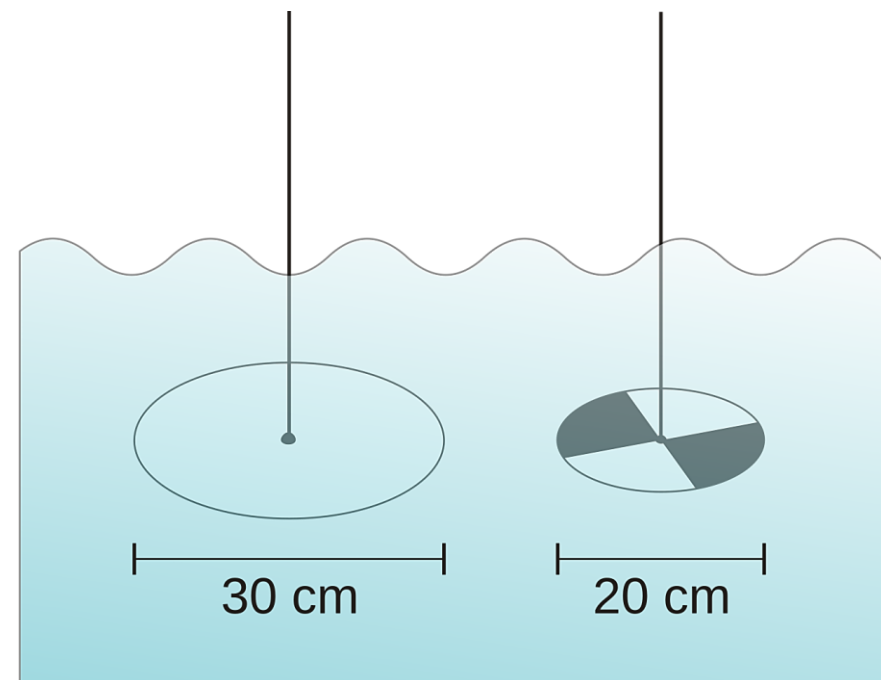
Биологические и физические насосы углекислого газа



4. Прозрачность

Прозрачность воды зависит от рассеяния и поглощения солнечной радиации, от количества минеральных частиц и планктона. Наибольшая прозрачность отмечена в открытом океане в тропических широтах и равна 60 м. Уменьшается прозрачность воды на мелководье вблизи устьев рек

Район	Относительная прозрачность, м
Атлантический океан, Саргассово море	до 66,5
Атлантический океан, экваториальная зона	40–50
Индийский океан, полоса пассата	40–50
Тихий океан, полоса пассата	до 45
Эгейское море	до 50
Баренцево море, юго-западная часть	до 45
Средиземное море, у африканского побережья	40–45
Адриатическое море	30–40
Черное море около	28
Каспийское море, южная часть	11–13
Балтийское море	11–13
Северное море, Ла-Манш	6,5–11



Два типа дисков Секки.
Слева - для морской, справа - для пресной воды

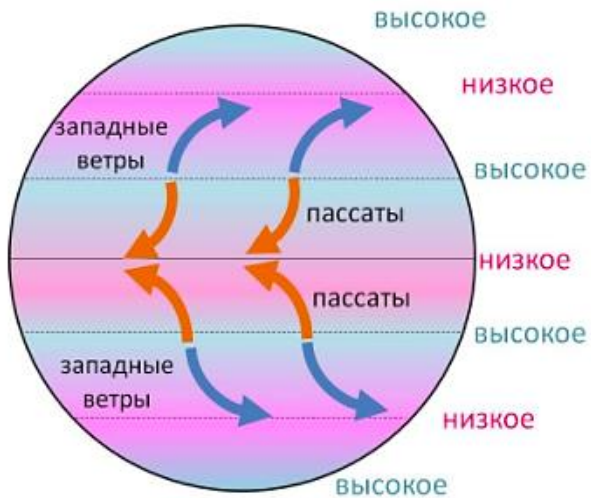


Циркуляция воды в Мировом океане

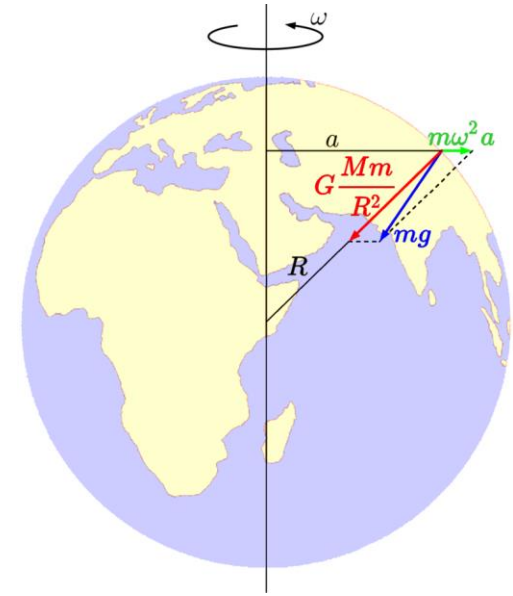
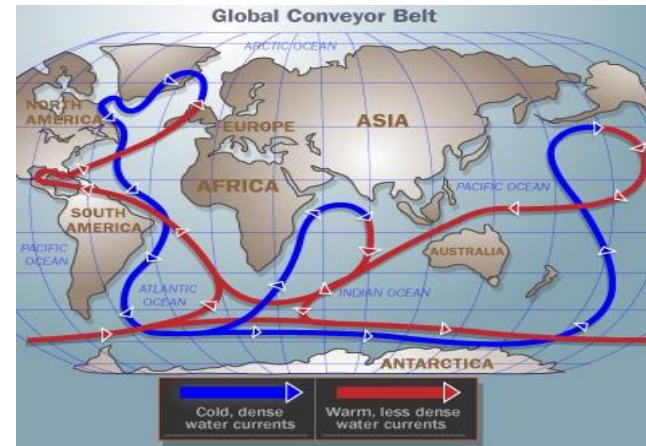
Одной из самых важных форм движения в океане являются **морские течения** – более или менее правильные перемещения водных масс в горизонтальном направлении: течения захватывают сравнительно неглубокий слой воды, имеют по сравнению с длиной небольшую ширину и отчасти напоминают реки, которые текут в «берегах» из воды.

Причины образования морских течений

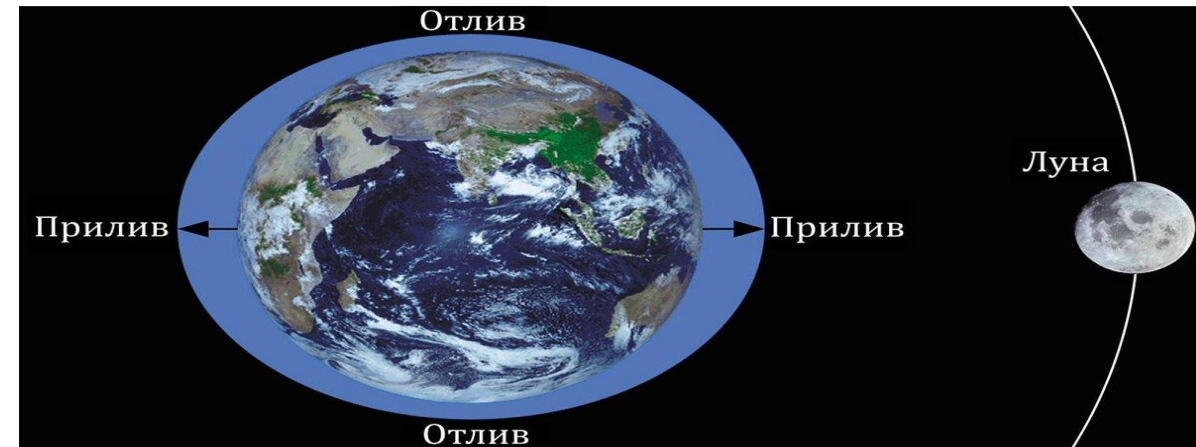
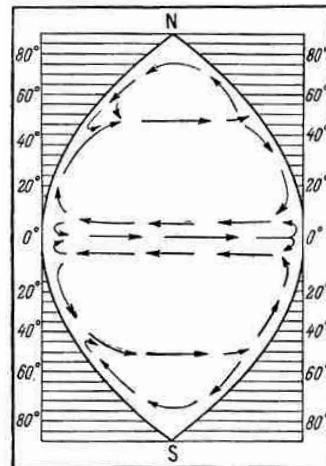
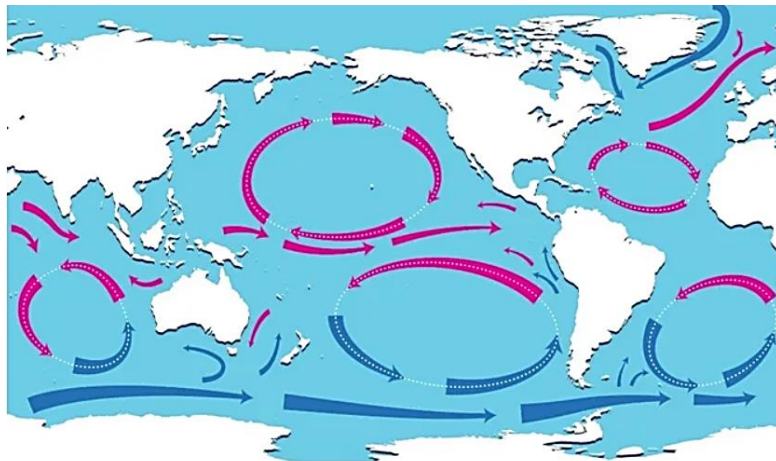
1. Действие ветра



2. Сила тяжести



3. Действие приливных сил



Морские течения

По глубине распространения

поверхностные

подповерхностные

глубинные

придонные

По продолжительности (устойчивости)

постоянные

периодические

временные

По соотношению температуры течения и окружающей воды

теплые

холодные

нейтральные

По происхождению

градиентные

компенсационные

приливо-отливные

сточные

плотностные

фрикционные

ветровые

дрейфовые

Крупные циркуляционные системы

5 тропических:

- 1) Североатлантическая (Азорская);
- 2) Северотихоокеанская (Гавайская);
- 3) Южноатлантическая;
- 4) Южнотихоокеанская;
- 5) Южноиндийская;

Экваториальная;

2 умеренных северного полушария:

- 1) Атлантическая (Исландская);
- 2) Тихоокеанская (Алеутская);

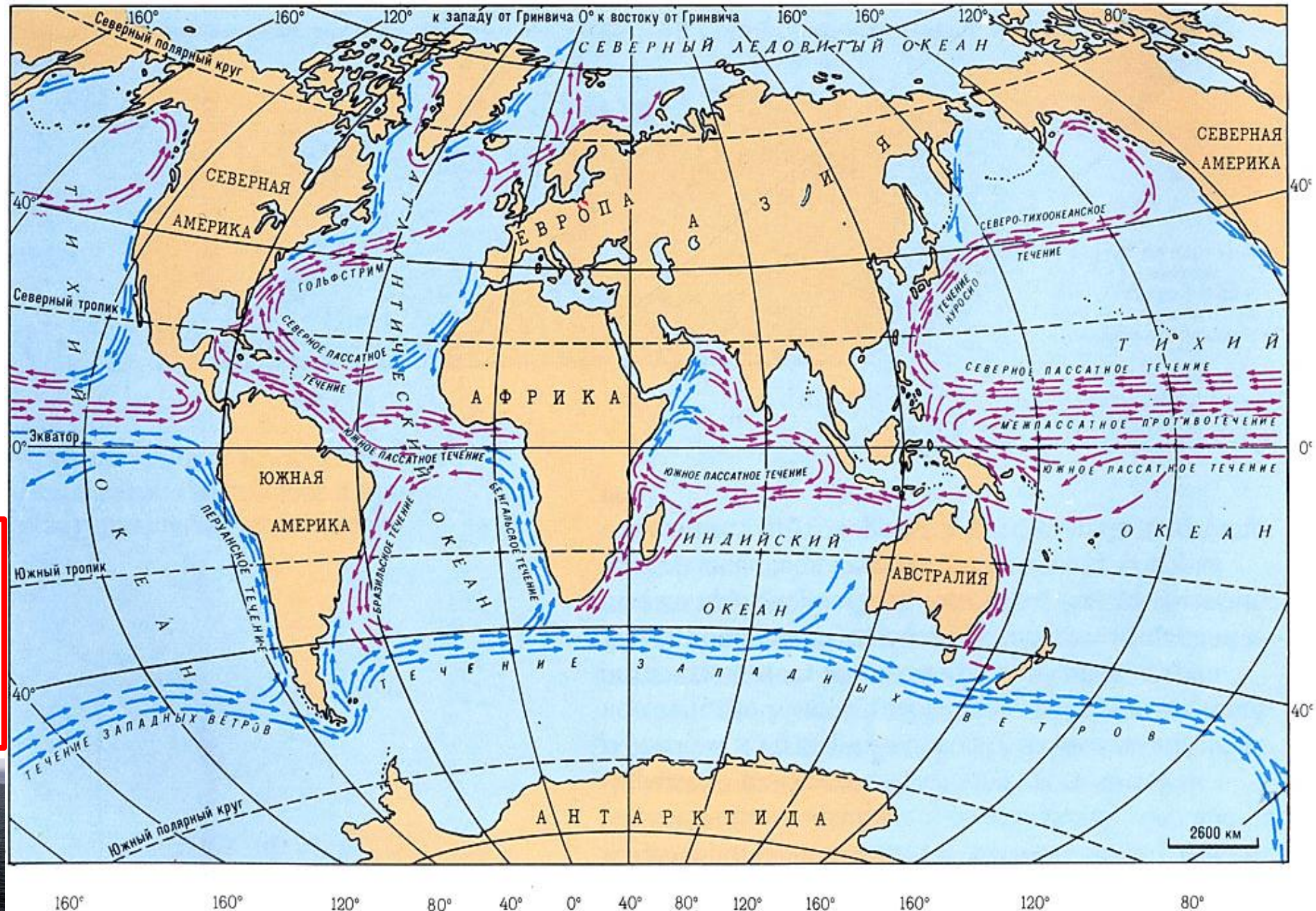
Индийская муссонная;

Антарктическая

Арктическая.

Значение морских течений:

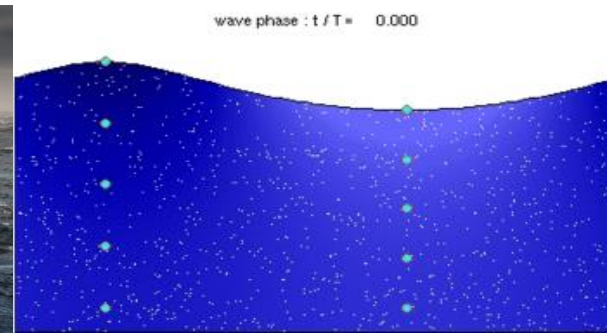
- перенос тонкозернистых осадков и тонкой мути, взвешенной в морской воде;
- перенос планктона;
- влияние на климат.



Волнение – это колебательное движение воды, охватывает только поверхностные водные массы – частный случай ритмических колебательных движений в природе. Образуется в результате нарушения равновесия уровенной поверхности и стремления силы тяжести восстановить его. Волны, существующие под непосредственным воздействием этих сил, называются *вынужденными*, волны, продолжающиеся после исчезновения силы, – *свободными*, или *инерционными*.



- *гребень* – наивысшая точка волнового профиля;
- *подошва* – низшая точка волнового профиля;
- *высота волны* – расстояние от подошвы до гребня;
- *длина волны* – расстояние между двумя гребнями или подошвами;
- *крутизна волны* – отношение высоты волны к половине ее длины;
- *скорость волны* – расстояние, пробегаемое гребнем в единицу времени;
- *период* – промежуток времени между прохождением двух гребней волны



ЦУНАМИ

Гравитационная волна большой длины



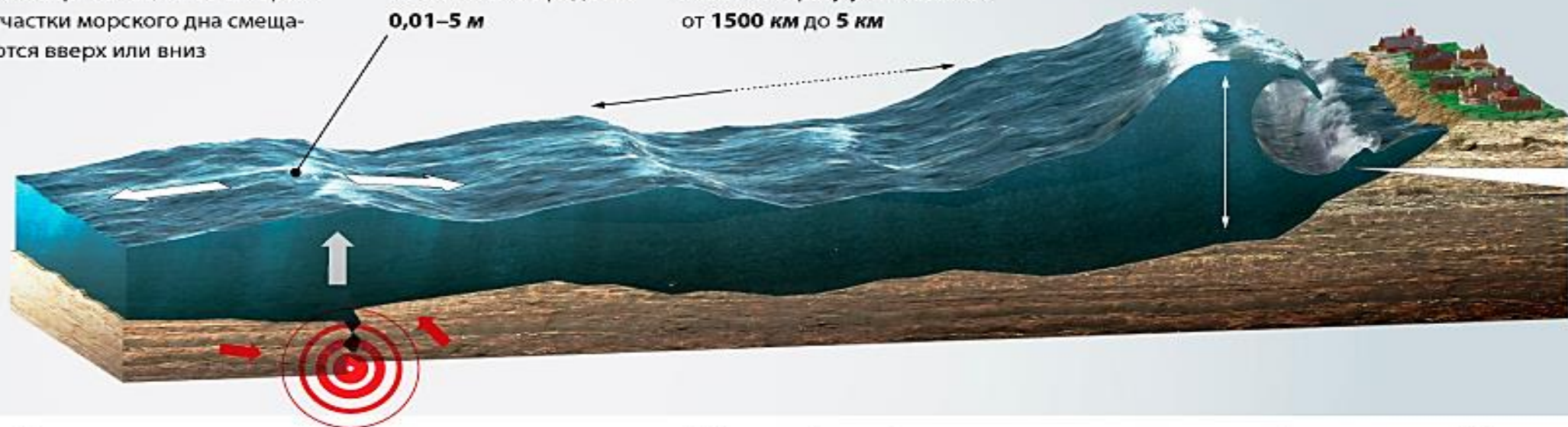
80% цунами возникают на периферии Тихого океана, включая западный склон Курило-Камчатского желоба

Чаще всего цунами возникают в результате подводных землетрясений, из-за которых участки морского дна смещаются вверх или вниз

Высота волн в области их возникновения колеблется в пределах **0,01–5 м**

Расстояние между соседними гребнями волн по мере приближения к берегу уменьшается от **1500 км до 5 км**

У побережья высота волн может достигать **10 м**, а в участках со сложным рельефом (клинообразных бухтах, долинах рек и т.д.) — **свыше 50 м**



Во время цунами в движение приходит вся толща воды. «Упираясь» в прибрежное дно, обладающая большой кинетической энергией волна закручивается и высоко поднимается

Самые разрушительные цунами за последние 50 лет

Источник: Национальное управление океанических и атмосферных исследований США

Магнитуда землетрясения	9,5	6,9	8,1	7,7	7,8	7	9	7,7	8
	22.05.1960	23.02.1969	16.08.1976	12.12.1979	12.12.1992	17.07.1998	26.12.2004	17.07.2006	27.02.2010
	Чили	Индонезия, Макассарский пролив	Филиппины	Колумбия	Индонезия, море Флорес	Папуа-Новая Гвинея	Индонезия, о. Суматра	Индонезия, о. Ява	Чили
Количество погибших	1263	600	4456	600	2500	2183	227 898	664	528
Макс. высота волны, м	25	4	8,5	6	26,2	15	50,9	10	11,2

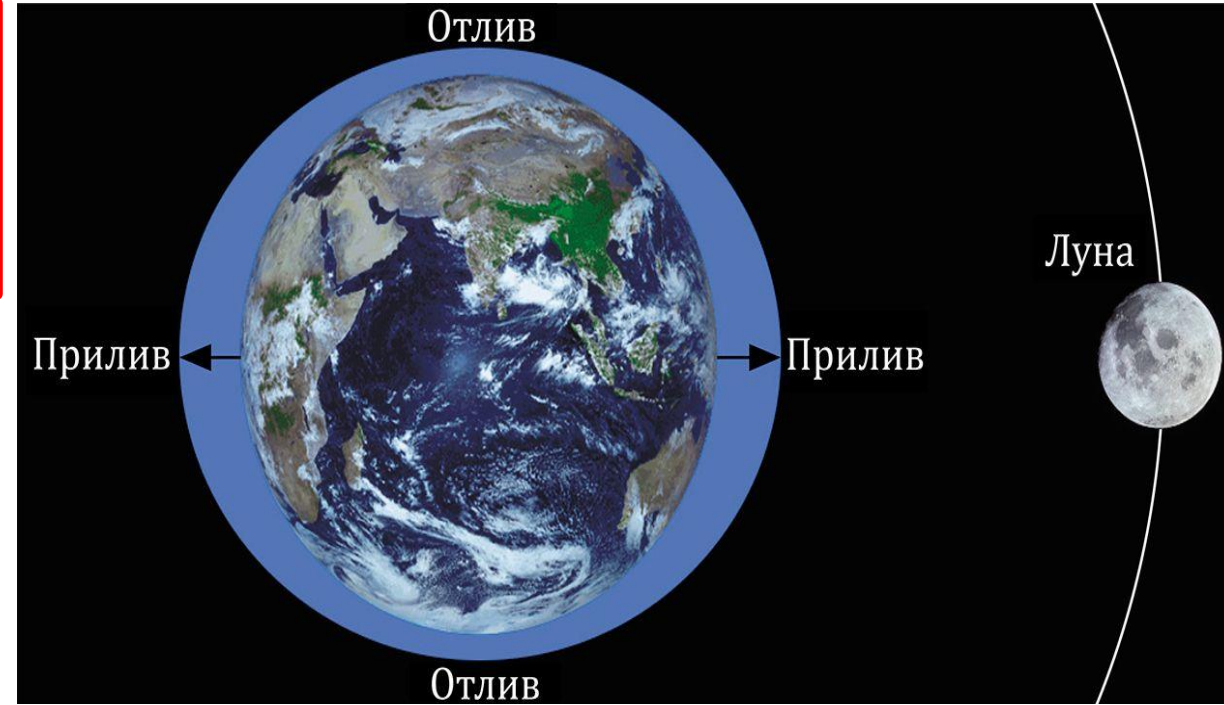
Приливы и отливы

Приливообразующие силы вызывают изменение уровня поверхности океанов. Колебания уровней называются:

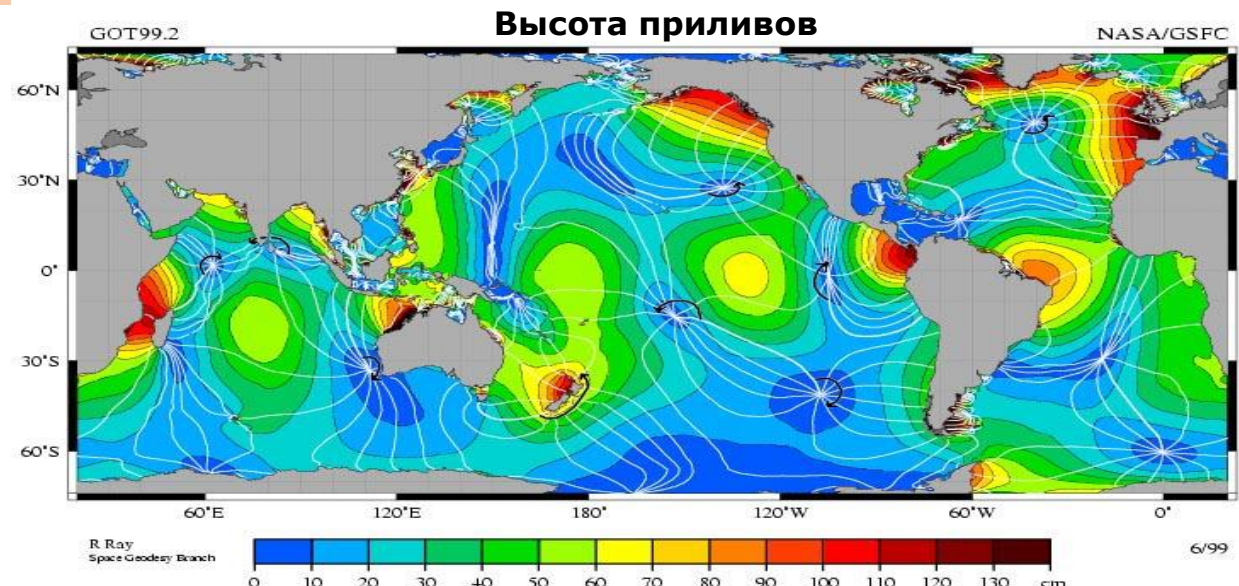
- **приливами** (уровень повышается и достигает наивысшего положения - полная вода);
- **отливами** (уровень понижается до низшего положения - малая вода)

Приливы:

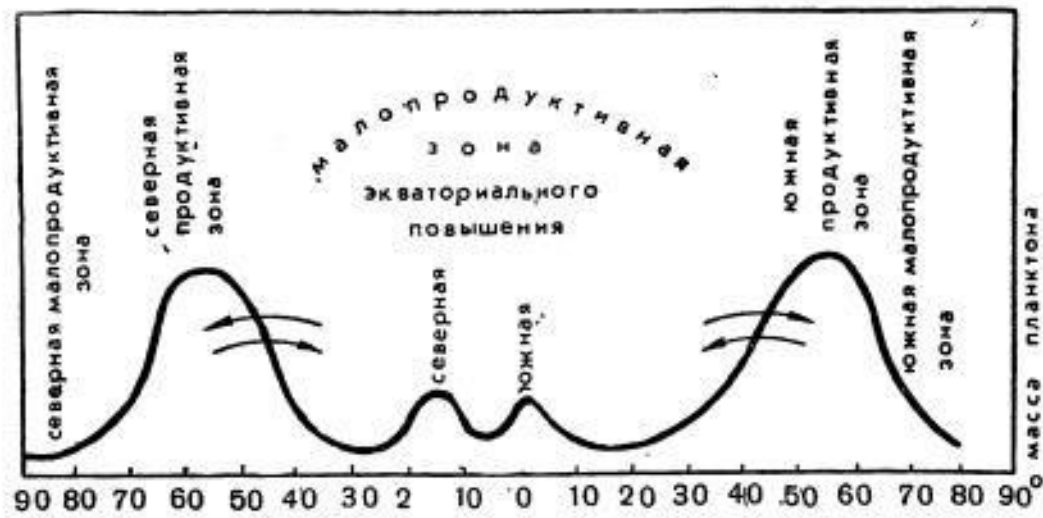
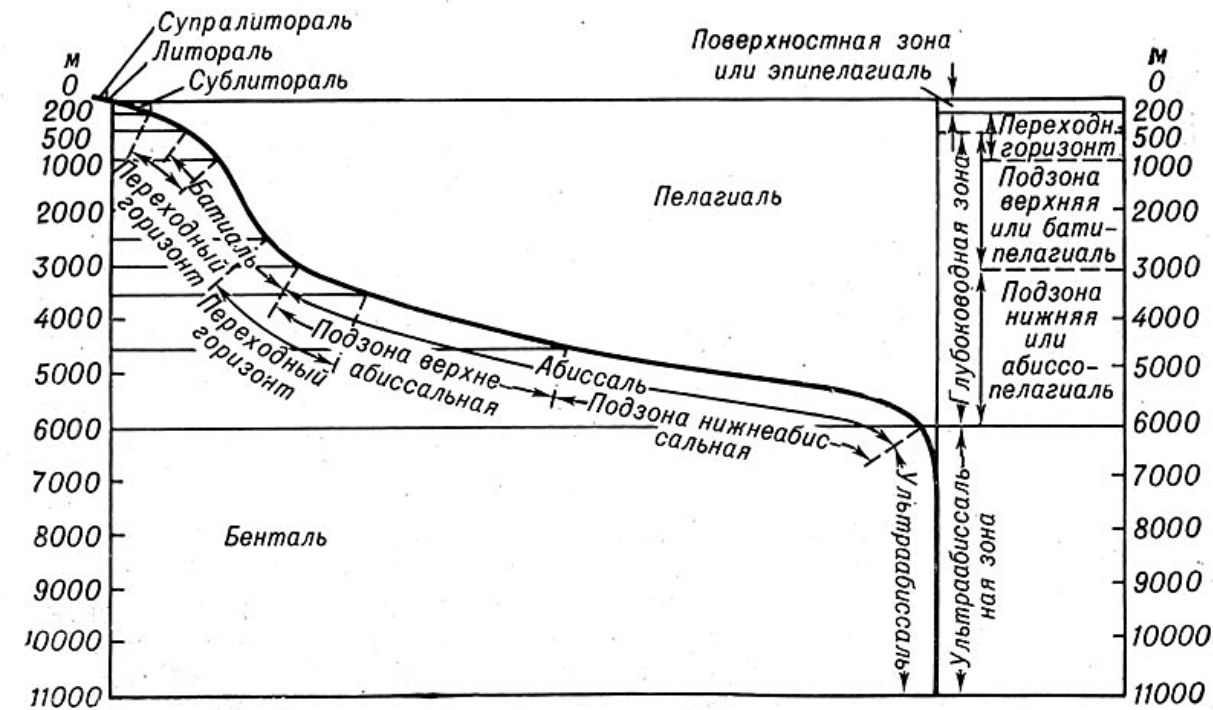
- **полусуточные** (почти соответствуют теоретическим: за 24 ч 50 мин наступает две полные и две малые воды);
- **суточные** (одна полная и одна малая вода);
- **смешанные** (изменение приливов в течение месяца от полусуточных до суточных).



Самый большой на Земле прилив (до 18 м) бывает в бухте Нозль в заливе Фанди у Новой Шотландии



Океан – среда жизни и источник природных ресурсов

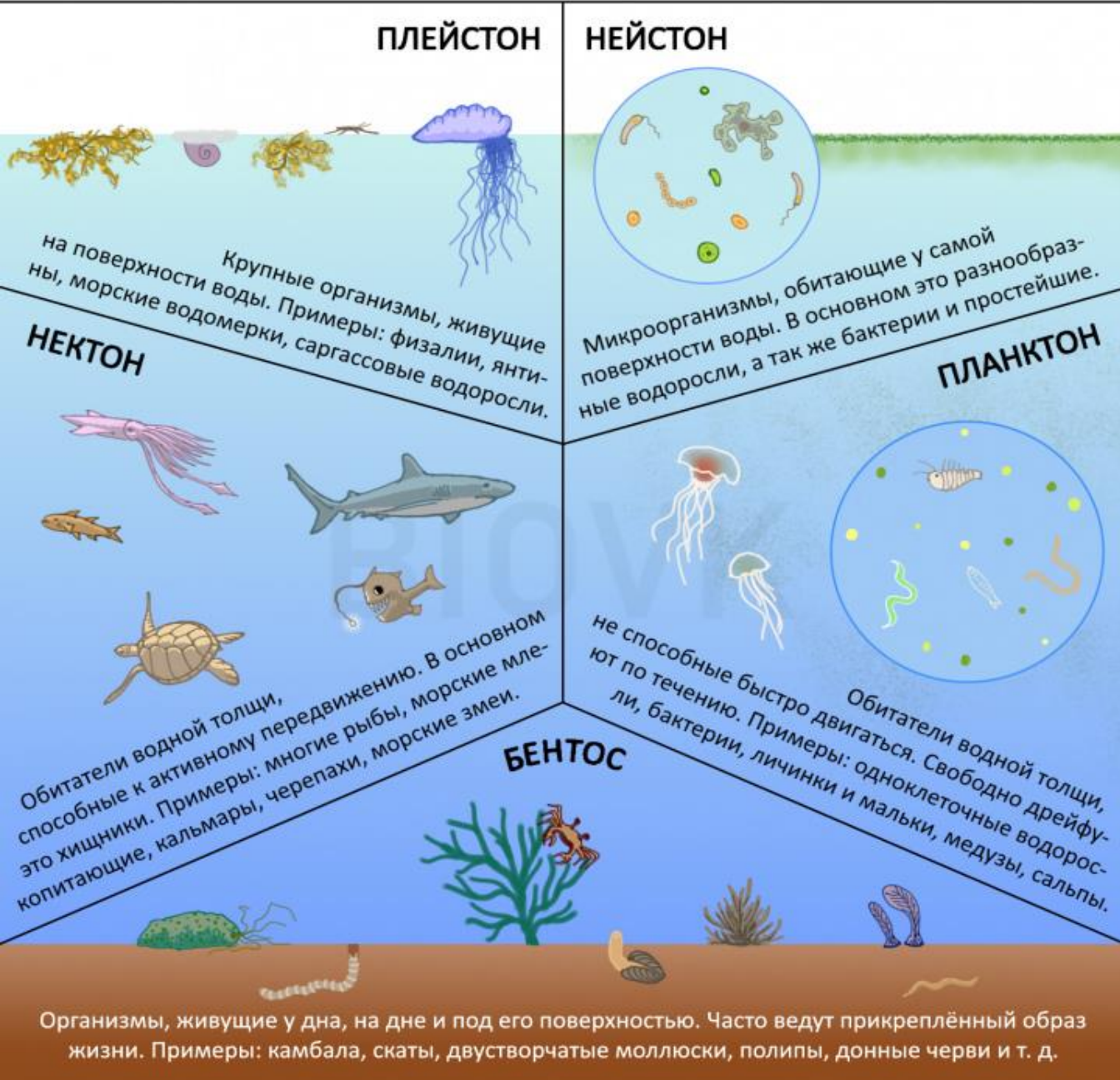


Продуктивность Мирового океана на разных широтах



ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ

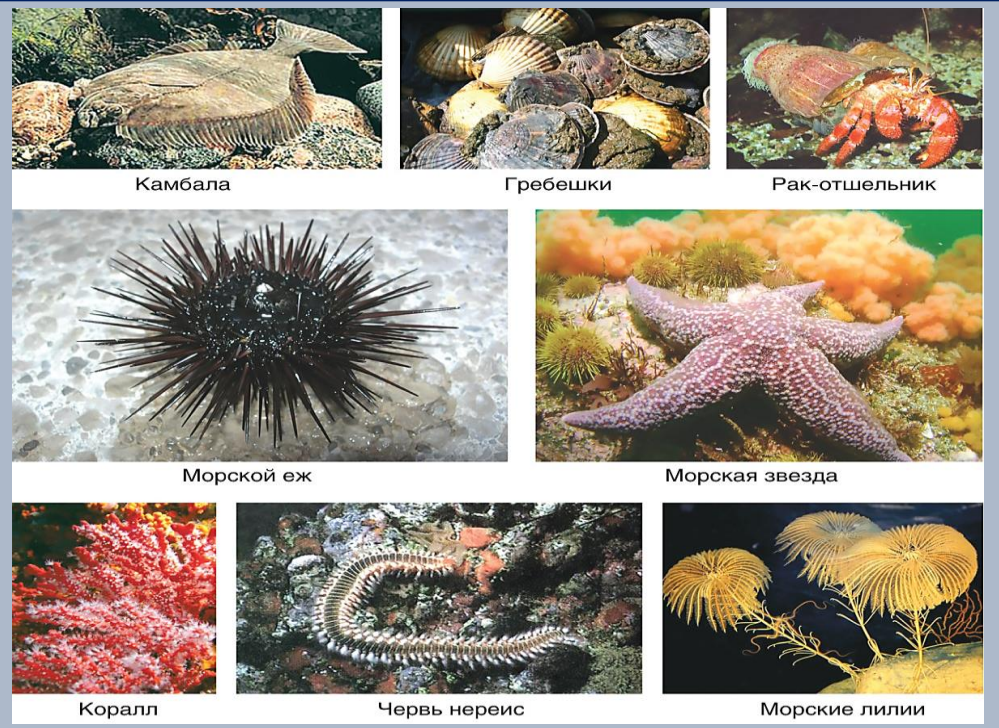
ДИЗАЙН: ИВАН ПРИСТРЕМ



Планктон



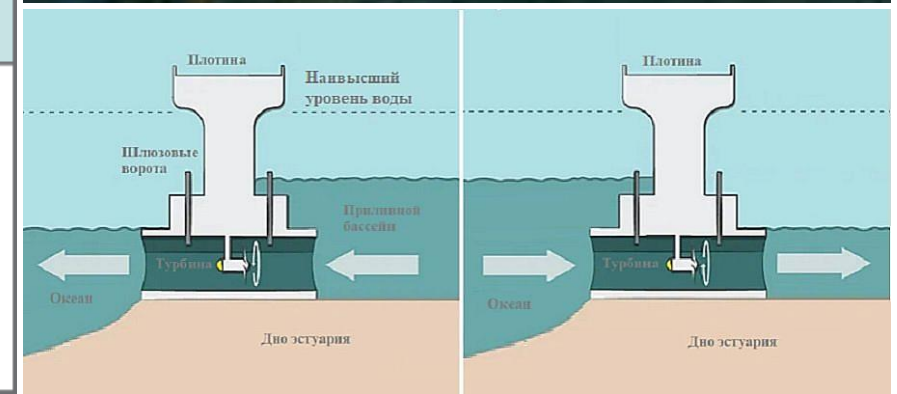
Бентос





Минерально-сырьевой потенциал стратегических металлов в рудах Мирового океана и континентов

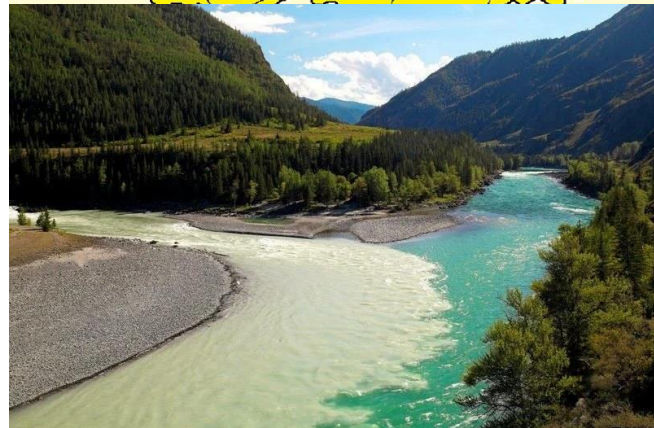
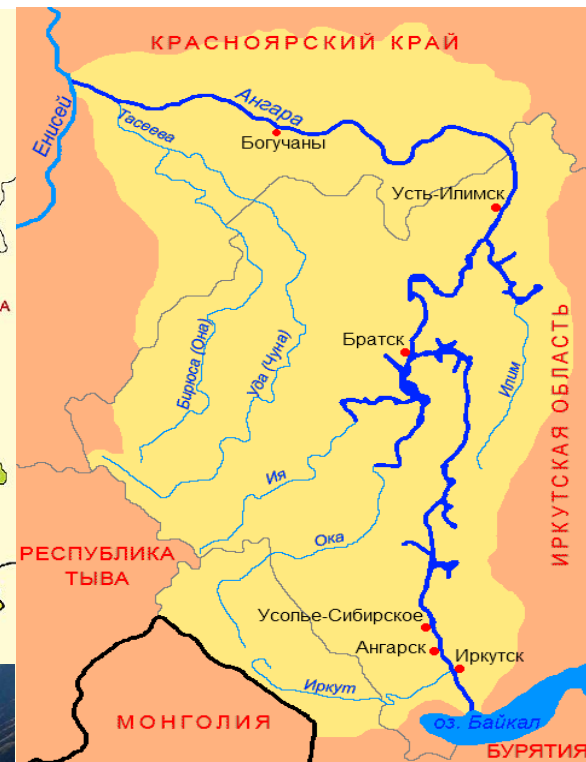
Основные виды океанического минерального сырья	Металлы	Мировой океан		Континенты		Р _{океан} / Р _{конт}
		Содержание металлов	Потенциальные ресурсы океана, Р _{океан}	Содержание металлов	Оцененные и подтвержденные ресурсы континентов, Р _{конт}	
Fe-Mn оксидные образования (ЖМК и КМК)	Ni	0,46–1,42%	655 млн т	1,0–1,8%	272 млн т	~2,4
	Cu	0,12–1,18%	427 млн т	0,71–2,8%	2231 млн т	~0,2
	Co	0,20–0,73%	358 млн т	0,04–0,28%	19 млн т	18,0
	Mn	20,0–36,05%	20 959 млн т	20–40%	20094 млн т	~1,0
	Pt	0,2–1,83 г/т	15 тыс. т	0,20–0,35 г/т	99 тыс. т	0,15
	Mo	0,04–0,06%	39 млн т	0,02–0,19%	55 млн т	0,72
Глубоководные полиметаллические сульфиды (ГПС)	Cu	2,61–7,60%	58 млн т	0,71–2,8%	2231 млн т	0,025
	Zn	7,82%	175 млн т	2,0–11,0%	761 млн т	0,23
	Pb	0,18%	40 млн т	1,3–2,8%	318 млн т	0,12
	Au	0,68–10,4 г/т	~1,0 тыс. т	1,5–5,0 г/т	194 тыс. т	–
	Ag	36,0–164 г/т	~9,0 тыс. т	40–250 г/т	1832 тыс. т	–



3. Воды суши: реки, озера, подземные воды

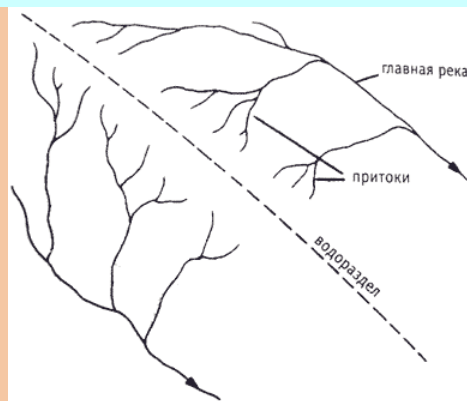
На суше имеется четыре типа скопления воды: реки, озера, подземные воды, ледники. Кроме того, вода в больших количествах находится в почвах и болотах

1. Реки

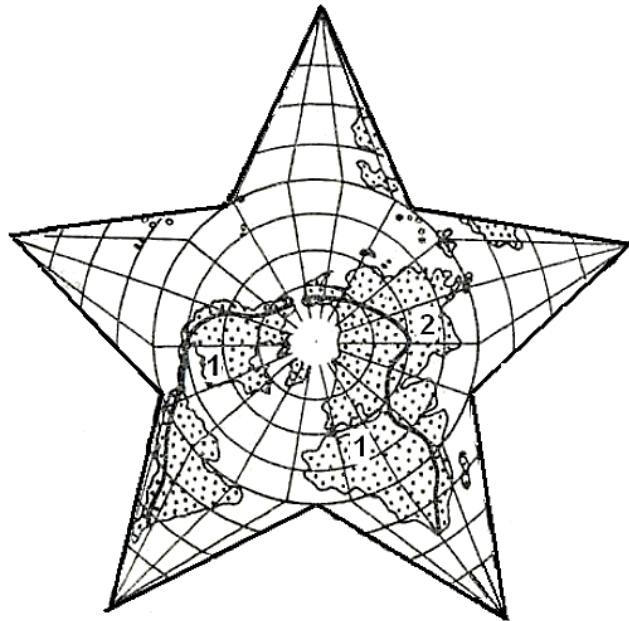


Исток реки – место, где река приобретает определенные очертания и наблюдается течение. Река может начинаться от слияния ручьев, питающих их источников, вытекать из болота, озера, ледника в горах. Исток и начало реки – неодинаковые понятия. Река может начинаться от слияния двух рек (например, реки Бия и Катунь при слиянии образуют реку Обь) или вытекать из озера (Ангара)

Линия, разделяющая соседние речные бассейны – **водораздел**. Хорошо выражены в горах, где они проходят по гребням хребтов, на равнинах водоразделы находятся на плоских междуречьях (**плакорах**)



Главный водораздел Земли отделяет две покатости на поверхности планеты – сток рек, впадающих в Тихоокеанско-Индийский бассейн (47 %), от стока рек, впадающих в Атлантический и Северный Ледовитый океаны (53 %)



Главный водораздел Земли:

1 – Атлантический склон; 2 – Тихоокеанский склон

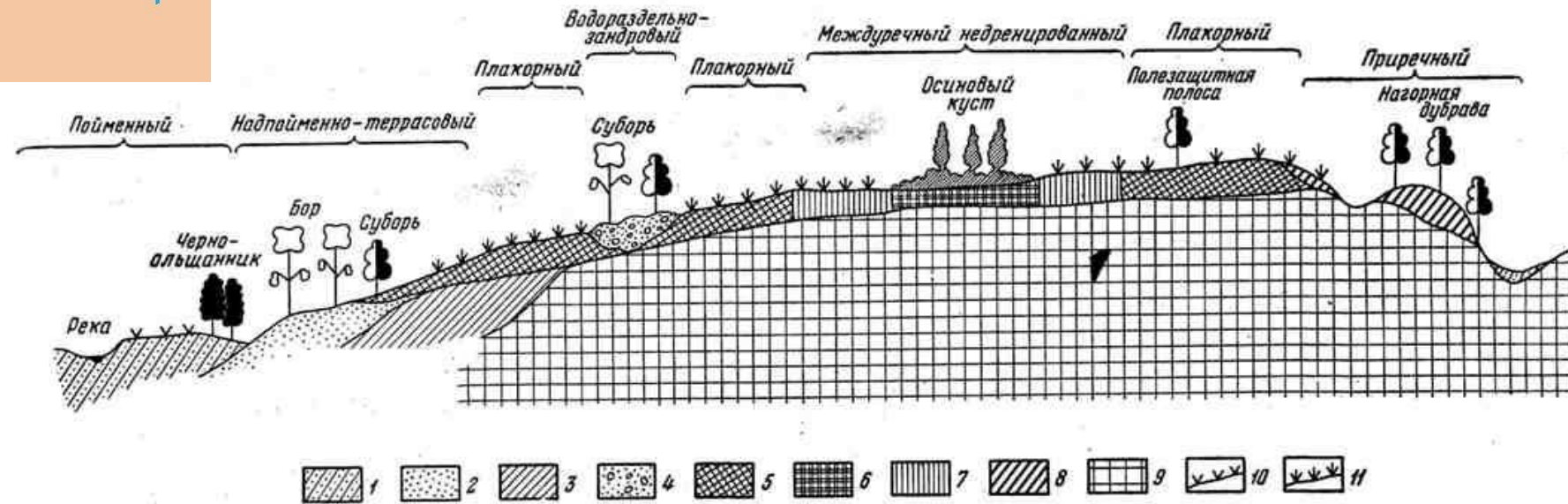
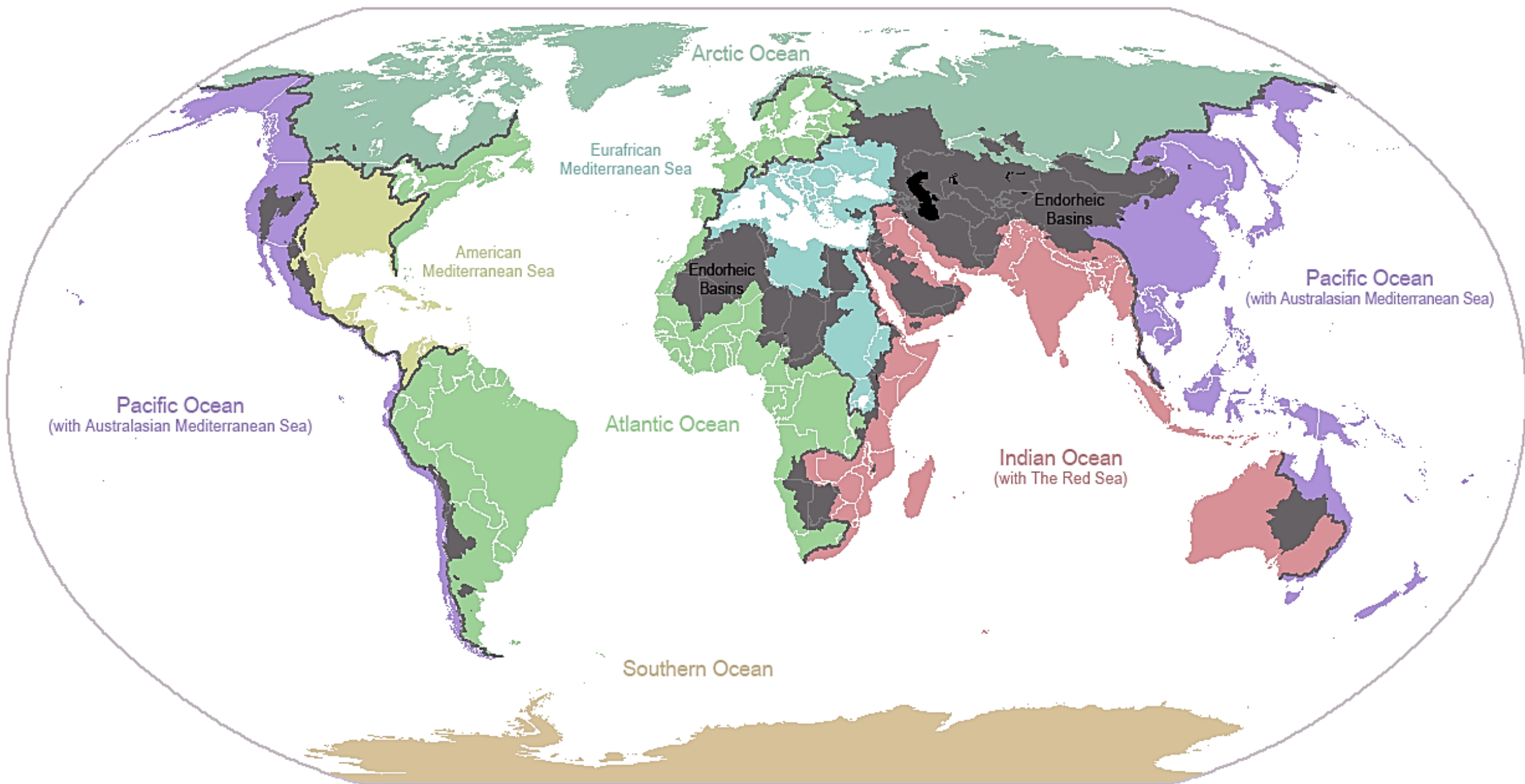


Схема распределения типов местности (пойменный, надпойменно-террасовый и др.) по элементам на Окско-Донской низменности:

1 – аллювий пойменной террасы; 2 – песчаный аллювий первой надпойменной террасы; 3 – супесчаный и суглинистый аллювий верхних надпойменных террас; 4 – серые лесные почвы на песке и супесях водно-ледникового происхождения; 5 – типичные тучные черноземы на делювиальных и лёссовидных суглинках; 6 – солодь; 7 – черноземно-луговые почвы на лёссовидных суглинках и глинистой морене; 8 – оподзоленные черноземы и темно-серые почвы; 9 – коренные (ергенинские и меловые песчано-глинистые) породы; 10 – луговая растительность; 11 – культурная растительность

Карта водосборных бассейнов Мирового океана



Питание рек:

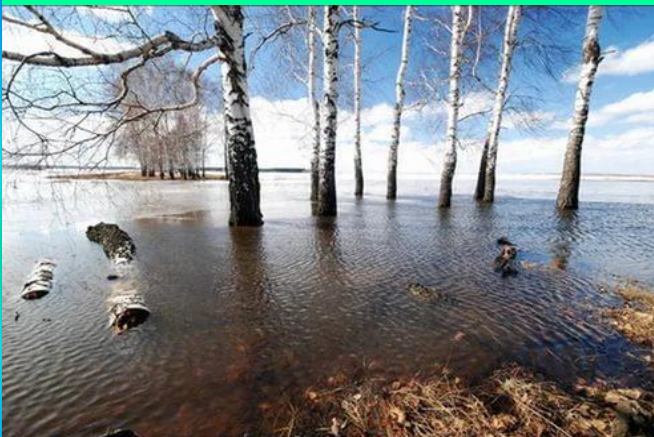
дождевое

снеговое

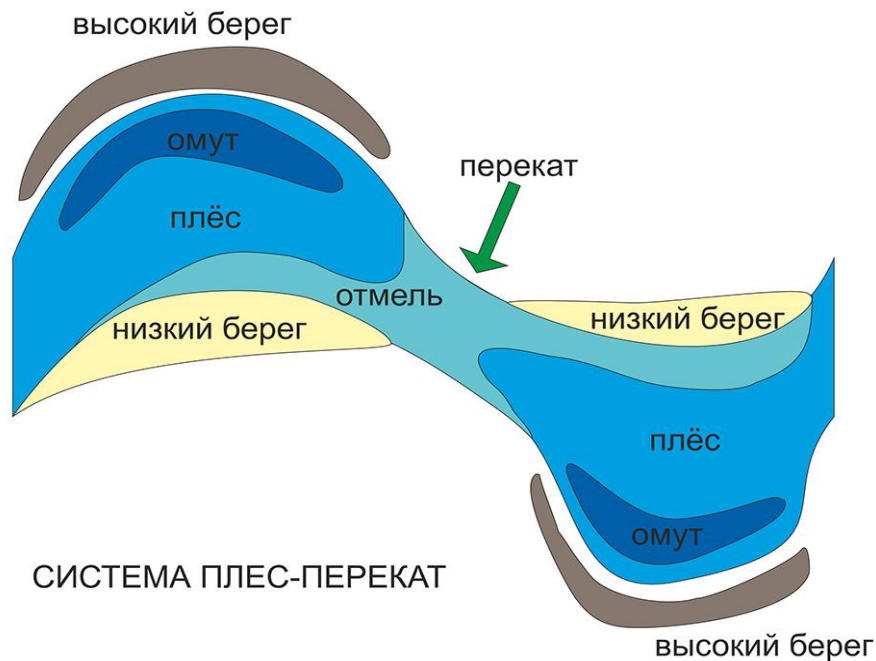
грунтовое

смешанное

Половодье – ежегодно повторяющееся в один и тот же сезон относительно длительное и значительное увеличение количества воды в реке.



Межень – наиболее низкое стояние воды в реке при преобладании подземного питания



Паводок – относительно кратковременные и непериодические подъемы уровня воды в реке, вызываемые поступлением в реку дождевых (талых) вод



Водоносность – количество воды, которое несут реки в среднем за год ($\text{м}^3/\text{с}$).

Амазонка – среднегодовой расход **7000 $\text{км}^3/\text{год}$.**

Длина – **7194 км** (с притоком Укаяли)



Нил – среднегодовой расход **2900 $\text{км}^3/\text{год}$.**

Длина – **6852 км** (с притоком Кагерой)



Миссисипи – среднегодовой расход **560 $\text{км}^3/\text{год}$.**

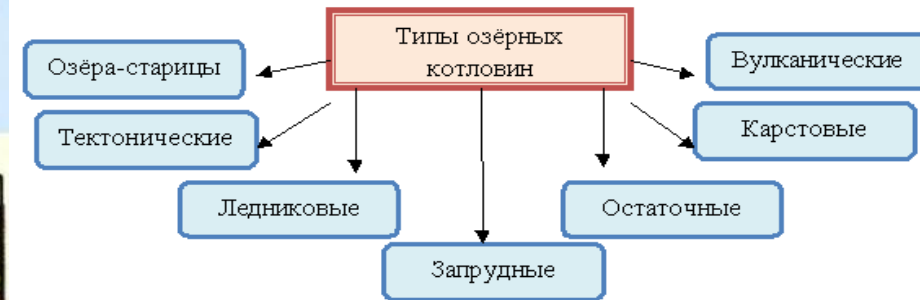
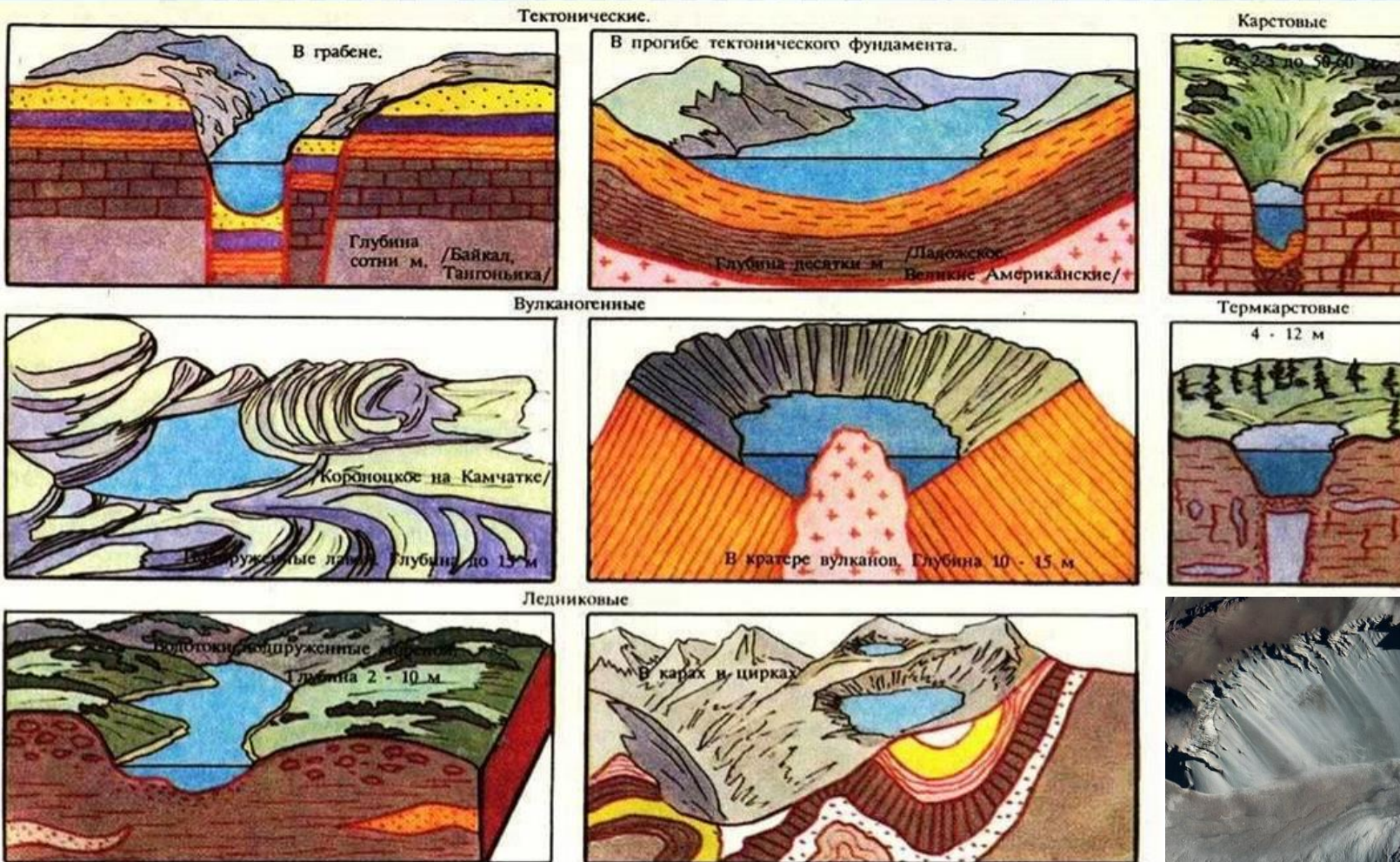
Длина – **6019 км** (с притоком Миссури)



2. Озера

Озера – внутренние водоемы суши со стоячей или мало проточной водой, не сообщаемые с океаном, с особыми условиями жизни и специфическими организмами.

Типы озерных котловин



Группы озёр по приходу и расходу водной массы:

- 1) хорошо проточные, в которые впадает одна или несколько рек и одна вытекает (Байкал, Онежское, Виктория, Ильмень, Женевское);
- 2) мало проточные или периодически проточные – в них впадает одна река, но сток незначительный (Балатон, Танганьика);
- 3) бессточные, в которые впадает одна или несколько рек, но стока из озера нет (Каспийское, Аральское, Мертвое, Балхаш);
- 4) глухие, или замкнутые – не имеющие речного стока (озера тундры, тайги, степи, полупустынь).

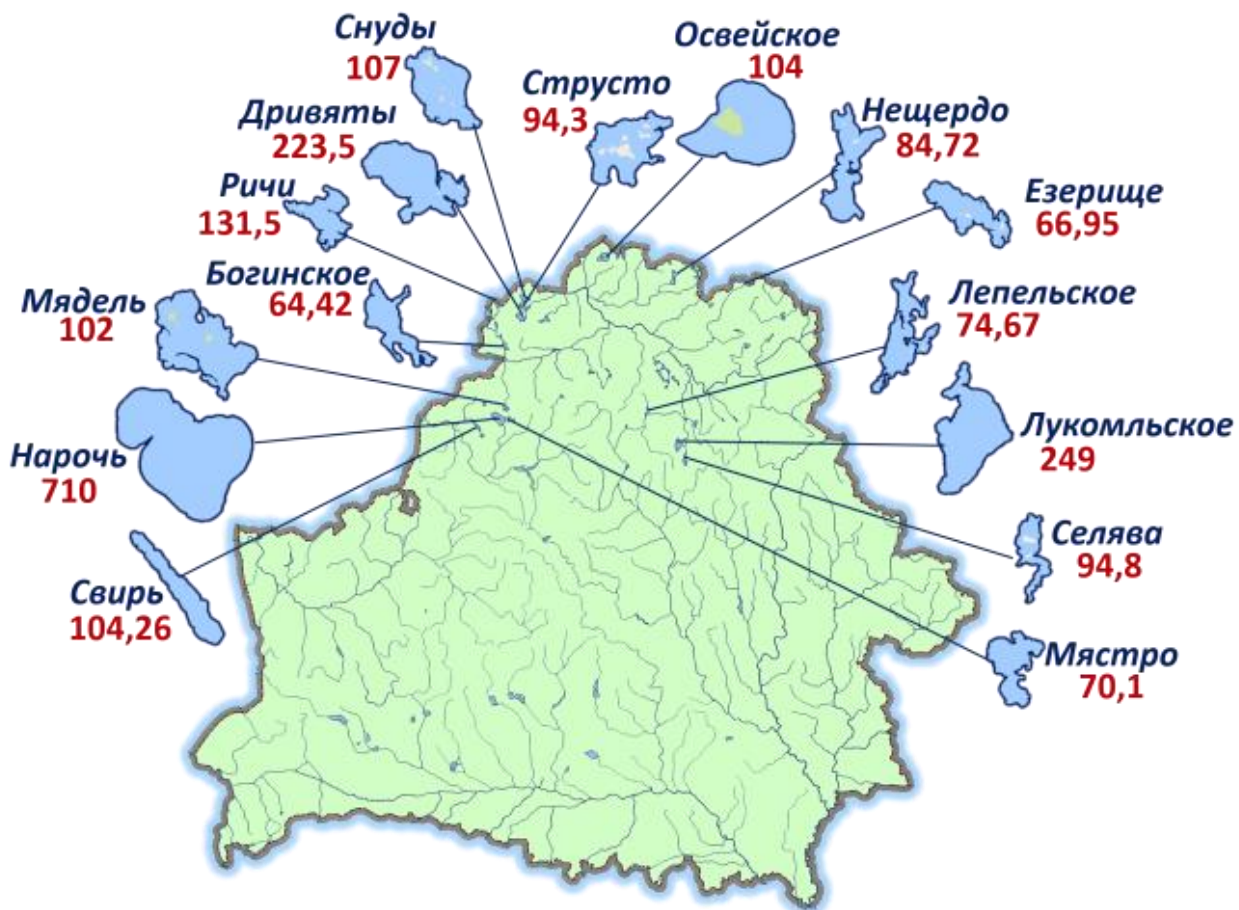
Озёра по химическому составу:

- пресные;
- солоноватые;
- соленые

Озеро Дон Жуан в Антарктиде (402‰)

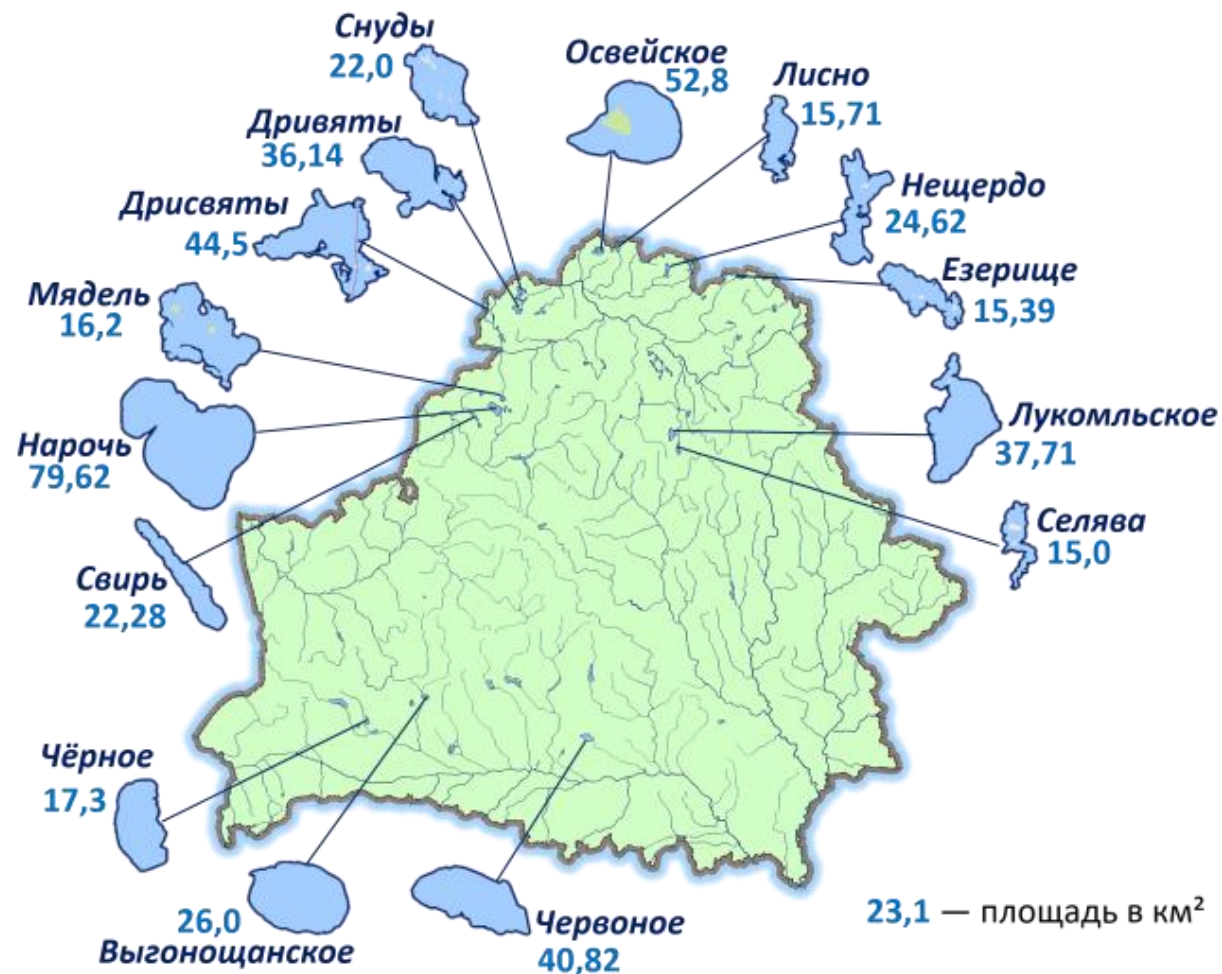
Озера Беларуси

Крупнейшие озёра Беларуси по объёму водной массы



710 — объём воды в млн м³

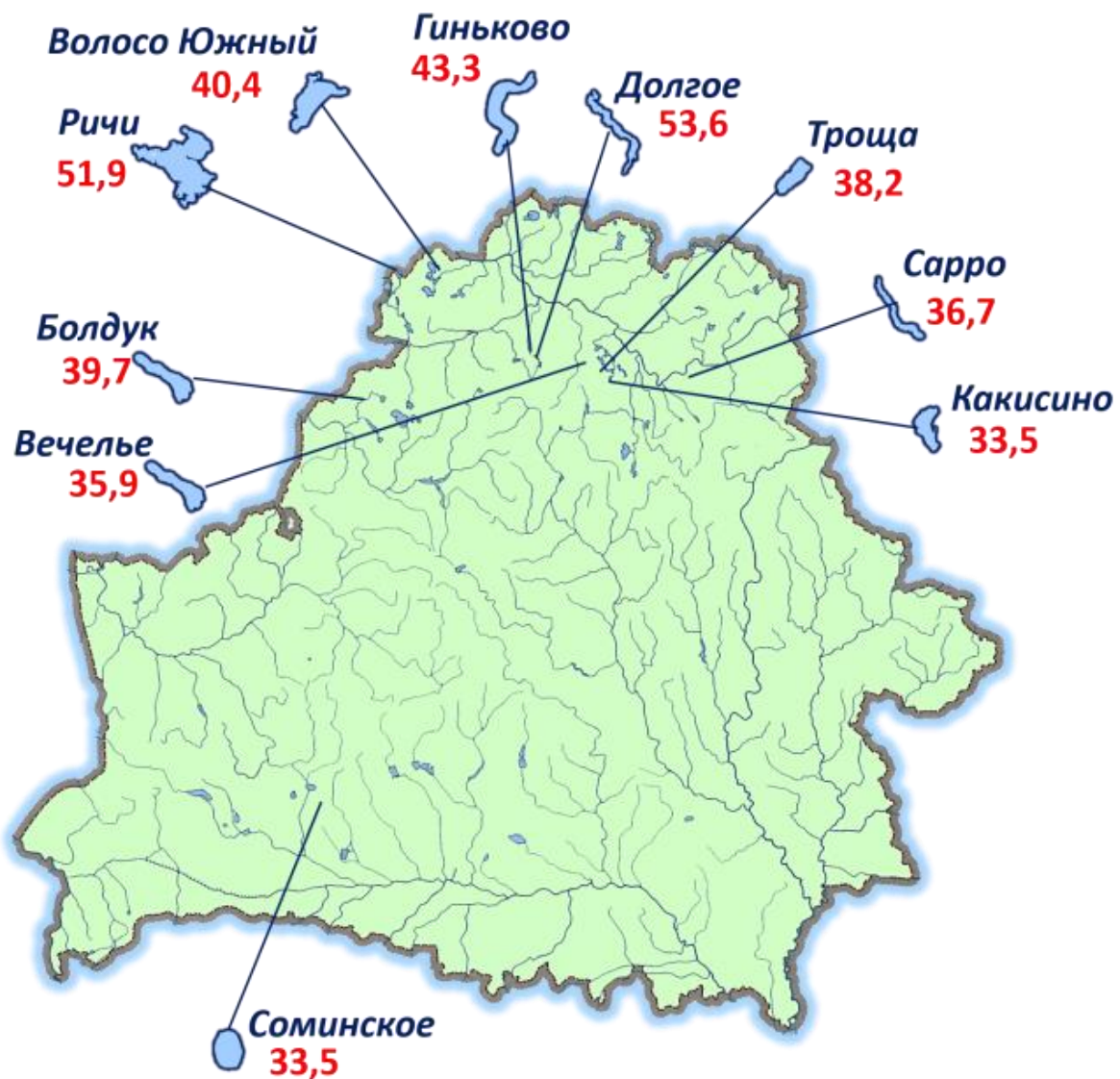
Крупнейшие озёра Беларуси по площади



23,1 — площадь в км²

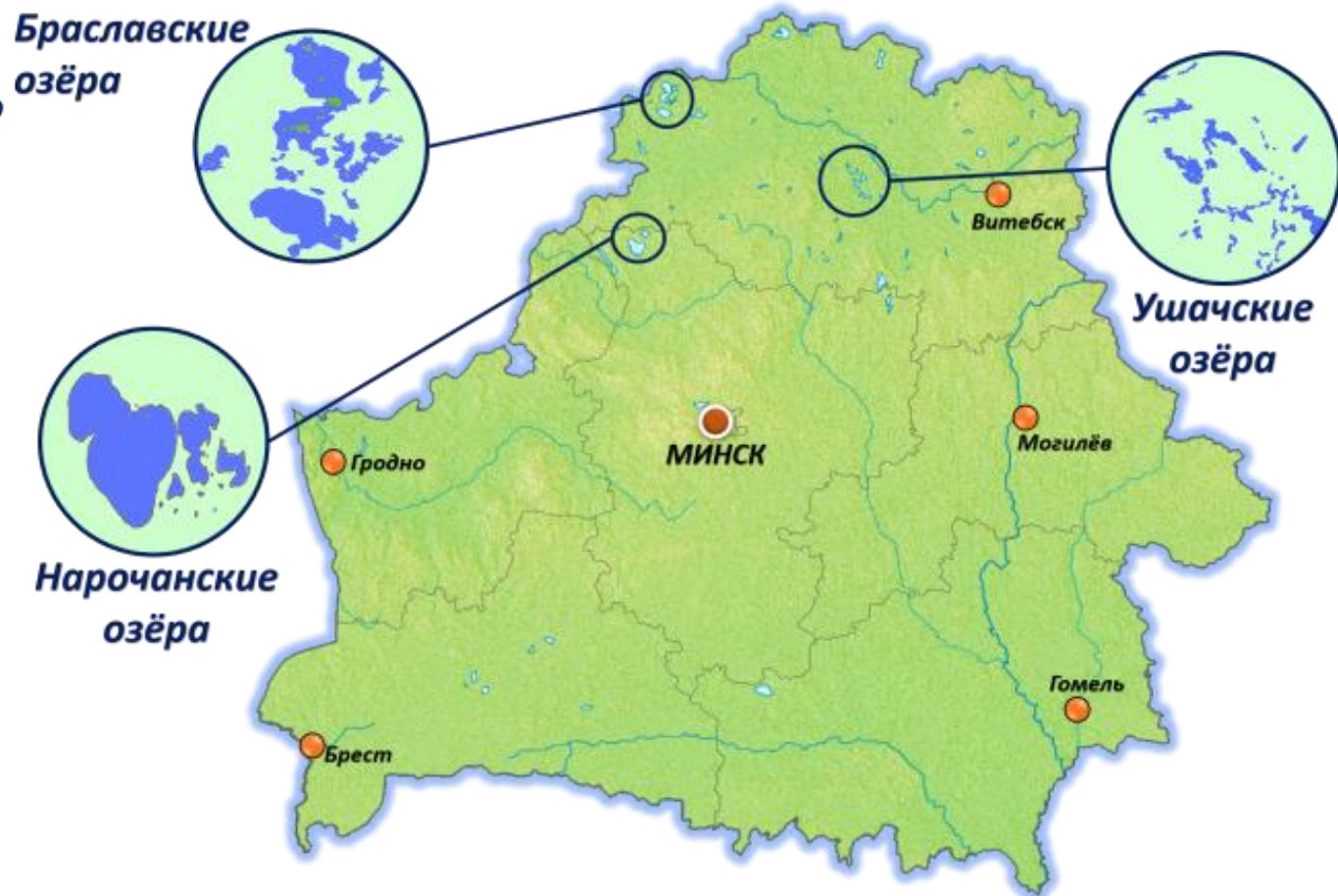


Глубочайшие озёра Беларуси



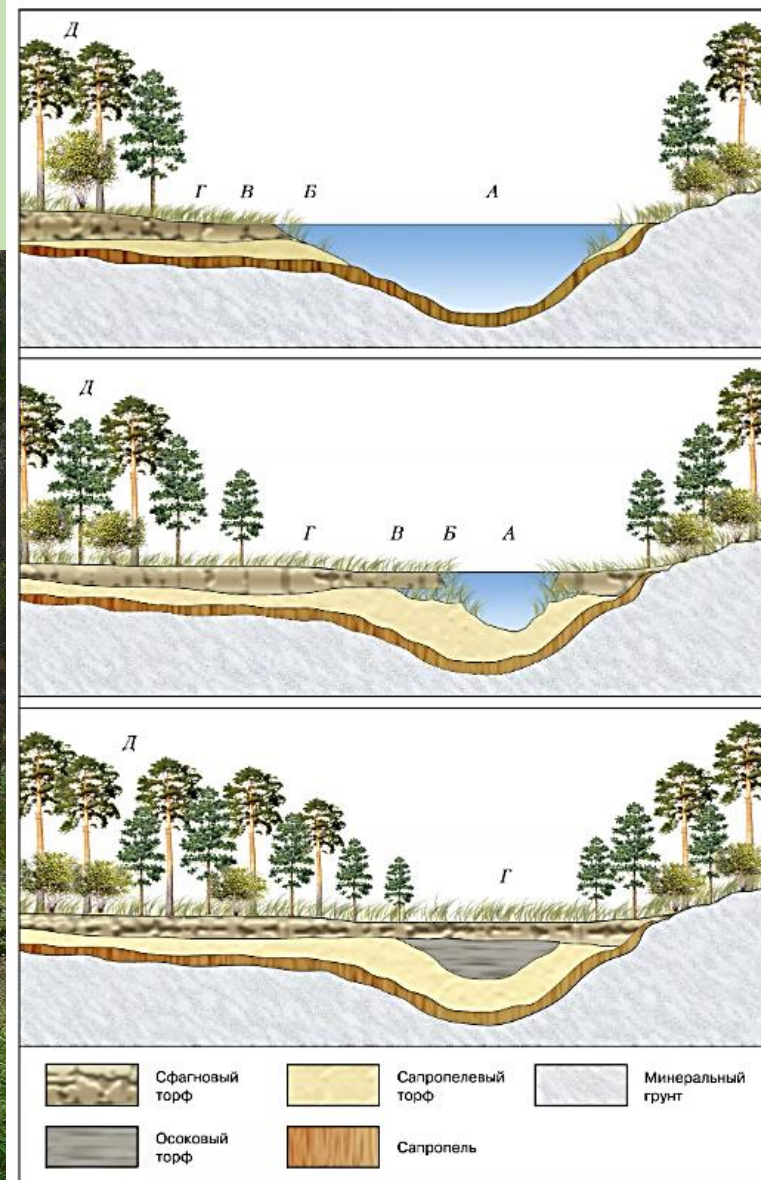
53,6 — максимальная глубина в м

- **Браславская группа**, включающая более **30** озер, общей площадью **113** км²;
- **Нарочанская группа** из **4** озер, площадью около **100** км²;
- **Ушачская группа** из **60** озер, площадью **75** км²



3. Болота

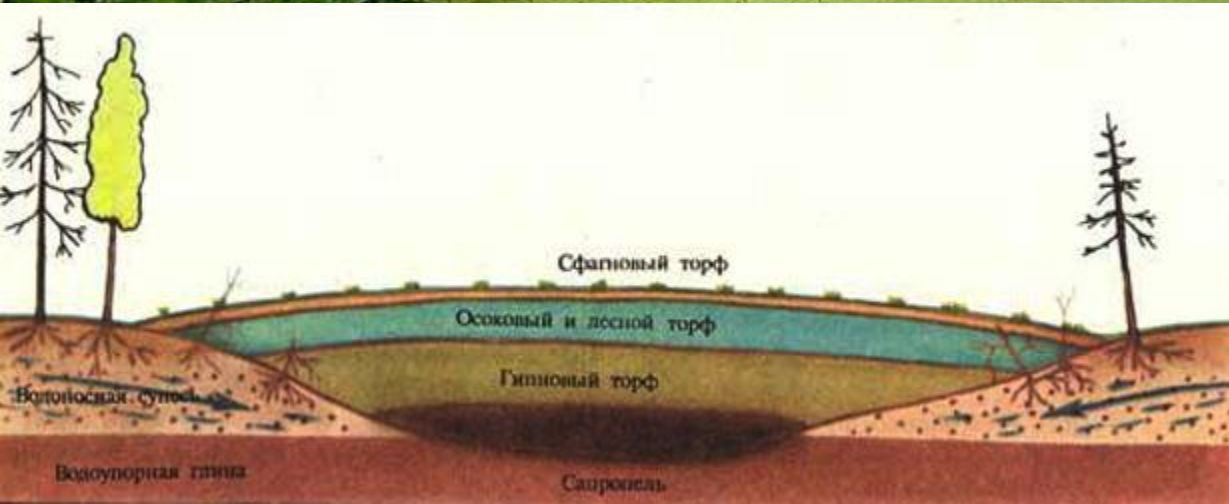
Болота – участки земной поверхности, избыточно увлажненные пресной или соленой водой, характеризующиеся затрудненным обменом газов, накоплением мертвого растительного вещества, переходящего в дальнейшем в торф.



А – открытое водное пространство; Б – прибрежно-водная растительность; В, Г – осоковое низинное болото; Д – сосновый лес на сфагновом болоте.

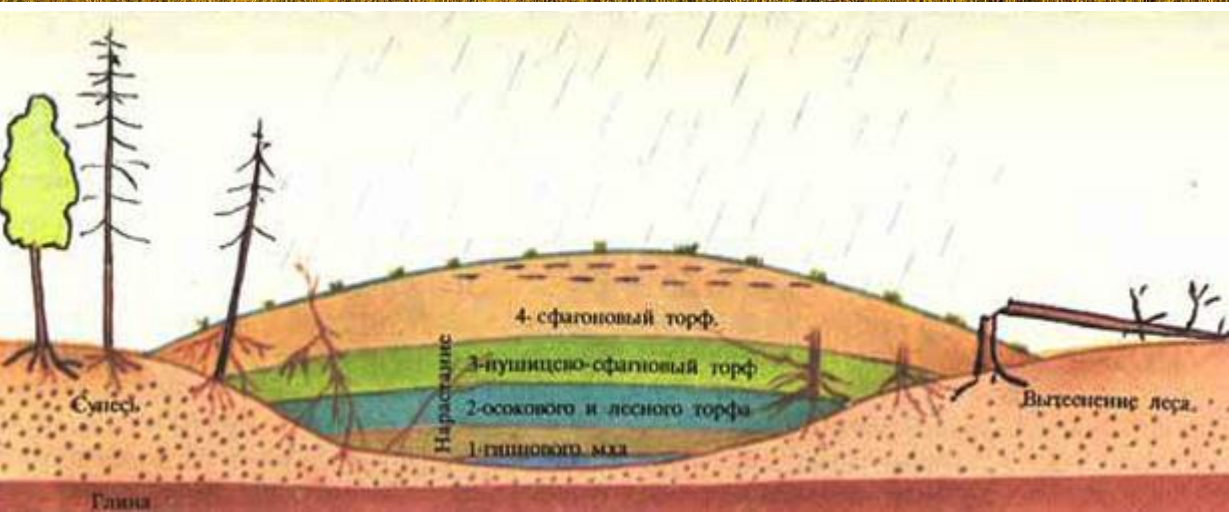
Низинные болота

Питаются грунтовыми или речными водами, богатыми минеральными веществами, и располагаются, преимущественно, в понижениях затапливаемых постоянно или временно водой; в травяных болотах преобладают осоки, хвощи, сабельник, вейник и др., в гипновых болотах к перечисленным травам присоединяются мхи, в лесных – береза, ольха; в Беларуси встречаются преимущественно в Полесье



Верховые болота

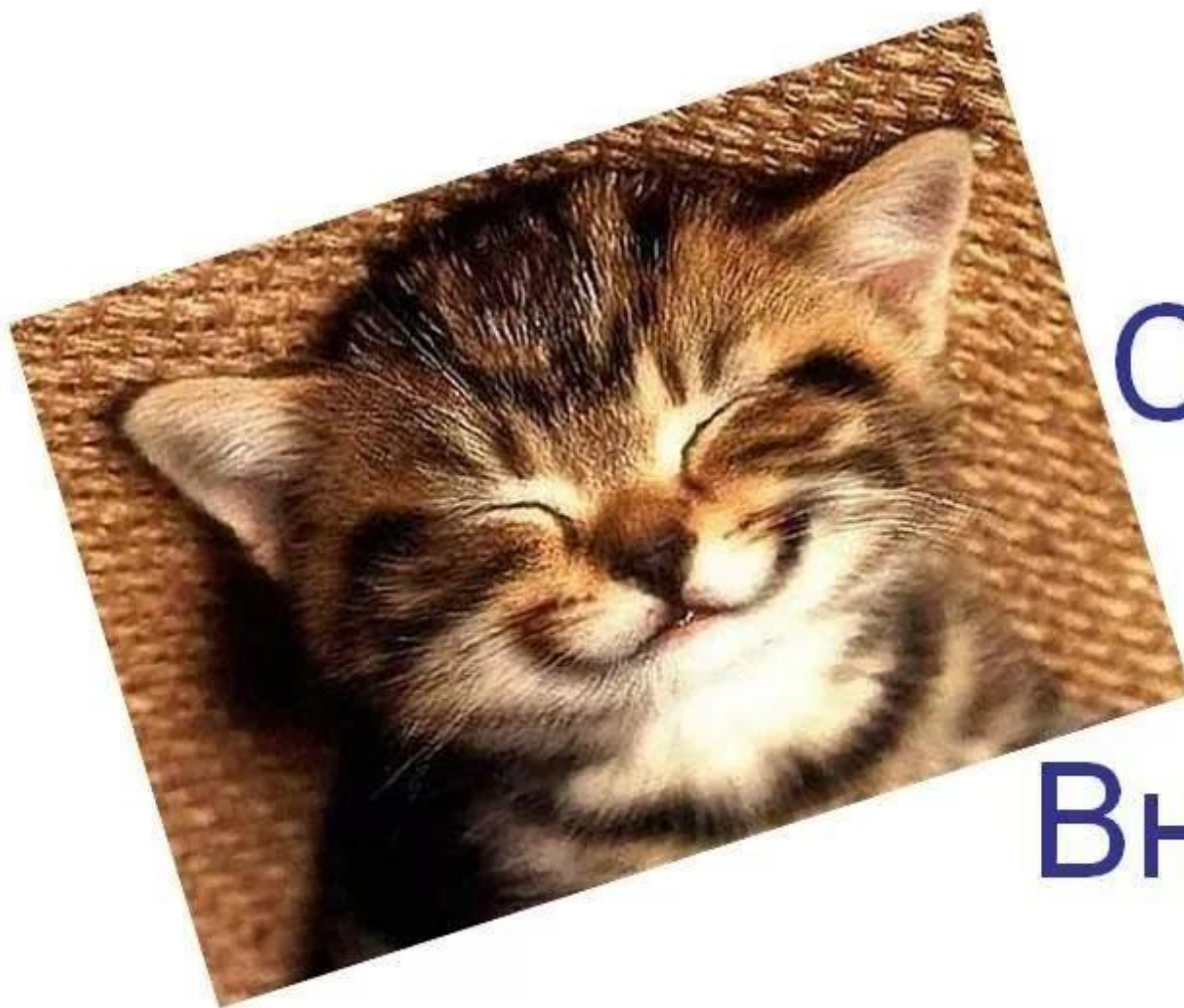
Возникают на мало расчлененных водоразделах и питаются преимущественно атмосферными осадками, преобладают во влажном климате. В растительном покрове верховых болот главную роль играют сфагновые мхи, кроме того, встречаются багульник, клюква, росянка, из деревьев – болотная сосна; в Беларуси встречаются преимущественно в Поозерье



Переходные болота

Представляют переходную стадию между низинными и верховыми типами; в низинных болотах происходит накопление растительных остатков, поверхность болота повышается, в результате этого грунтовая вода перестает питать болото, травяная растительность сменяется мхами – низинные болота переходят в верховые, которые, в свою очередь, покрываются лесной, кустарниковой или луговой растительностью, превращаясь в суходольные луга; в Беларуси – повсеместно





Спасибо
За
Внимание!