

# **Распределение воды на Земле и её круговорот. Водный баланс**

- Все многообразие природных вод в жидком, твердом и газообразном состоянии можно разделить на 4 части:
- воды мирового океана (океаны, моря, заливы, проливы);
- воды суши (внутренние воды) – реки озера, ледники, болота;
- воды атмосферы (облака, водяной пар);
- воды в составе живых организмов.

В количественном отношении, бесспорно, лидирует мировой океан, на который приходится 1 338 000 тыс. км<sup>3</sup> или 96,4 % всей воды на Земле.

На суше находится 49675 км<sup>3</sup> или около 3,6 % воды планеты в виде снега и ледники, рек, озер, водохранилищ, болот, подземных вод. Практически вся вода атмосферы (90 %) сконцентрирована в нижней части тропосфера на высоте 0-5 км. Всего же здесь находится 13 тыс. км<sup>3</sup> воды или 0,001 %. В организмах ее и того меньше – около 0,0001 % от воды Земли (около 1 тыс. км<sup>3</sup>).

- Имеется несколько гипотез происхождения воды. В последнее время принято считать, что основные массы воды поступили в результате дегазации магмы. При формировании первичной базальтовой коры из мантии образовалось 92% базальтов и 8% воды. Современные лавы тоже содержат водяных паров от 4 до 8%. В настоящее время ежегодно путем дегазации образуется до 1 км<sup>3</sup> воды. Эти воды называются ювинильными (юными).

# **Понятие о поверхностном и подземном стоках**

*Под стоком подразумевается передвижение дождевой и талой воды по земной поверхности (поверхностный сток) и в толщах горных пород (подземный сток).*

Речной сток зависит от нескольких факторов:

- 1. *размеры и форма водосборных бассейнов,*
- 2. *климатические условия и вид осадков*
- 3. *рельеф местности*
- 4. *характер и состояние склонов*
- 5. *водопроницаемость горных пород, а также искусственные мероприятия*

- Выделяют следующие виды питания рек поверхностными водами: *дождевое, снеговое, ледниковое и смешанное*. Кроме того реки питаются подземными водами.
- Подземные воды участвуют в питании вследствие дренирования их речными руслами.
- Количество воды, протекающей в единицу времени через поперечное сечение русла реки, называется расходом воды. Большие расходы воды обычно измеряются в метрах кубических в секунду, а малые — в литрах в секунду.
- Чтобы определить расход воды  $Q$  в том или ином сечении русла реки, необходимо знать среднюю скорость  $V$  и площадь сечения  $S$  речного потока.
- Расход воды в общем виде определяется по формуле  $Q = VS$ , м<sup>3</sup> / с.

- Для определения скорости течения и расхода воды в речном русле разбивают гидрометрические створы.





- Сток может быть выражен следующими характеристиками: **модулем стока, нормой стока, коэффициентом стока.**
- 1. **Модулем стока  $M$**  называется количество воды, стекающей в единицу времени с  $1 \text{ км}^2$  водосборной площади речного бассейна:
  - $M = \frac{Q \cdot 1000}{S_{\text{бас}}}$ , л/с на  $1 \text{ км}^2$ ,
  - **$S_{\text{бас}}$**
  - где  $Q$  — средний годовой расход,  $\text{м}^3 / \text{с}$ ;  $S_{\text{бас}}$  — водосборная площадь речного бассейна,  $\text{км}^2$ .
- 2. **Нормой стока** называется среднеарифметическая величина речного стока за продолжительный период наблюдения (40— 50 лет).
- 3. **Коэффициентом стока  $L$**  называется отношение величины стока  $y$  за какой-либо период к количеству атмосферных осадков  $x$  за тот же период (обычно за год):
  - $L = \frac{y}{x} \cdot 100 \%$
  - $x$

- Режим питания реки, распределение стока в течение года, а также величину подземного стока можно определить путем анализа **гидрографа** реки. **Гидрографом называется график изменения во времени расхода воды за год или часть года (сезон, половодье или паводок).**

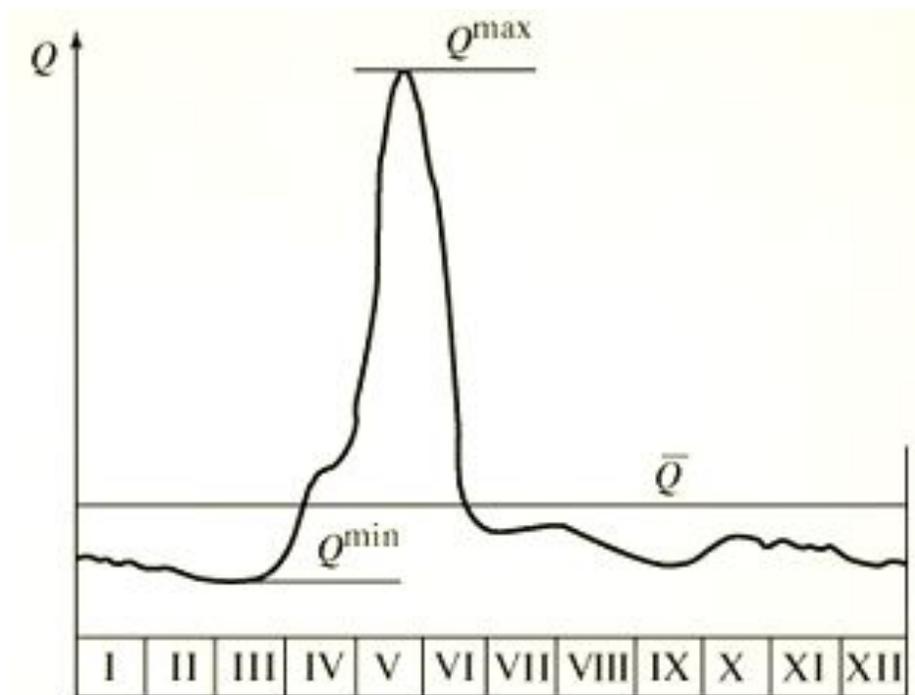


Рис. 17.2. Типичный гидрограф реки снегового питания



- Круговорот воды на Земле

-непрерывный замкнутый процесс перемещения воды, охватывающий гидросферу, атмосферу, литосферу и биосферу. Наиболее быстрый круговорот воды происходит на поверхности Земли. Он совершается под действием солнечной энергии и силы тяжести.

Влагооборот складывается из процессов испарения, переноса водяного пара воздушными потоками, конденсации и сублимации его в атмосфере, выпадения осадков над Океаном или сушей и последующего стока их в Океан.

Основной источник поступления влаги в атмосферу – Мировой океан, меньшее значение имеет суша.

Особую роль в круговороте занимают биологические процессы – транспирация и фотосинтез. В живых организмах содержится более  $1000 \text{ км}^3$  воды. Хотя объем биологических вод небольшой, они играют важную роль в развитии жизни на Земле и усилении влагооборота: почти 12% испаряющейся влаги в атмосферу поступает с поверхности суши за счет транспирации ее растениями. В процессе фотосинтеза, осуществляемого растениями, ежегодно разлагается  $120 \text{ км}^3$  воды на водород и кислород.

- В поверхностном круговороте воды на Земле условно выделяют малый, большой и внутриматериковый круговороты. В малом круговороте участвуют только Океан и атмосфера. Испаряющаяся с поверхности Океана влага в большей своей части выпадает обратно на морскую поверхность, совершая малый круговорот.
- Меньшая часть влаги участвует в большом поверхностном круговороте, переносясь воздушными потоками с Океана на территорию суши, где возникает ряд местных влагооборотов. С периферийных частей континентов (их площадь около 117 млн. км<sup>2</sup>) вода вновь поступает в Океан путем поверхностного (речного и ледникового) и подземного стока, завершая большой круговорот.



- Количественно круговорот воды на Земле характеризуется водным балансом. Водный баланс Земли – равенство между количеством воды, поступающей на поверхность земного шара в виде осадков, и количеством воды, испаряющейся с поверхности Мирового океана и суши за одинаковый период времени.
- Закономерность изменения запасов вод обычно выражается **уравнением водного баланса**. В общем случае это уравнение для любой территории за любой промежуток времени имеет следующий вид:

$$X+K+Y_1-Y_2-Z+W_1+W_2+U_1-U_2=0,$$

- где **X** — количество осадков; **K** — конденсация влаги; **Y<sub>1</sub>** — приток речных вод из других районов; **Y<sub>2</sub>** — сток рек за пределы рассматриваемой территории (включая водозабор); **Z** — испарение; **W<sub>1</sub>** — изменение запасов подземных вод; **W<sub>2</sub>** — изменение влагозапасов на поверхности водосбора; **U<sub>1</sub>** — приток подземных вод из смежных районов; **U<sub>2</sub>** — сток подземных вод в соседние районы ниже уровня дренирования их речными руслами.

- В среднем годовое количество осадков, так же как и испарение, равно 1132 мм, что в объемных единицах составляет 5 77 060 км<sup>3</sup> воды.
- В истории Земли неоднократно отмечались крупные изменения воднобалансовых характеристик, что связано с колебаниями климата. В периоды похолоданий происходит изменение мирового водного баланса в сторону большей увлажненности континентов за счет консервации воды в ледниках. Водный баланс Океана становится отрицательным, и уровень его понижается. В периоды потеплений, наоборот, отрицательный водный баланс устанавливается на континентах: растет испарение, увеличивается транспирация, тают ледники, сокращается объем озер, увеличивается сток в Океан, водный баланс которого становится положительным.

Элементы баланса	Объем воды км <sup>3</sup> /год	Слой воды, мм	% от расхода
Земной шар в целом			
Испарение	-577060	-1132	100
Атмосферные осадки	+577060	+1132	100
Мировой океан			
Испарение	-507150	-1402	100
Атмосферные осадки	+457230	+1264	90,2
Речной сток	+44180	+122	8,7
Ледниковый сток	+3850	+11	0,8
Подземный сток	+2500	+7	0,5
Невязка баланса	+610	+2	0,1
Территория суши			
Атмосферные осадки	+119830	+804	100
Испарение	-69910	-469	58,3
Речной сток	-44180	-296	36,7
Ледниковый сток	-3850	-26	3,2
Подземный сток	-2500	-17	2,1
Невязка баланса	610	-4	0,5

- Повышение температуры воздуха почти на  $1^{\circ}\text{C}$  в XX столетии вызвало нарушение мирового водного баланса: для Мирового океана он стал положительным, а для суши отрицательным. Потепление привело к возрастанию испарения с океанической поверхности и увеличению облачности как над океанами, так и над континентами. Атмосферные осадки над Океаном и в прибрежных районах суши увеличились, но сократились во внутриконтинентальных областях. Значительно усилилось таяние ледников. Такие изменения в мировом водном балансе приводят к повышению уровня Мирового океана в среднем на 1,5 мм/год, а в последние годы до 2 мм/год.
- Поскольку на испарение затрачивается тепло, которое освобождается при конденсации водяного пара, то водный баланс связан с тепловым балансом, а влагооборот сопровождается перераспределением тепла между сферами и регионами Земли, что весьма важно для географической оболочки. Наряду с энергетическим обменом в процессе влагооборота происходит обмен и веществами (солями, газами).

Приращение запасов водной массы основных звеньев поверхностной гидросферы (но Р. К. Клиге и др.)

Элементы гидросферы	Изменение объема вод, км <sup>3</sup> /год		%	
	1890-1900	1985-1990	1890-1900	1985-1990
Мировой океан	+520	+1013	+100	+100
Ледники	-500	-1616	-96	-160
Подземные воды	-40	+593	-8	+57
Озера	-20	-68	-4	-7
Водохранилища	+20	+78	+8	+8

Различные части гидросферы на поверхности Земли имеют неодинаковый период водообмена. Из таблицы видно, что самые короткие периоды водообмена у влаги атмосферы (8 суток), наиболее длительные – у наземных и подземных ледников (10 тыс. лет).

Виды природных вод	Объем, тыс. км <sup>3</sup>	Средний период условного возобновления запасов воды
Вода на поверхности литосферы		
Мировой океан	1338000	2650 лет
Ледники и постоянный снежный покров	25800	9700 лет
Озера	176	17 лет
Водохранилища	6	52 дня
Вода в реках	2	19 дней
Вода в болотах	11	5 лет
Вода в верхней части литосферы		
Подземные воды	23400	1400 лет
Подземные льды	300	10000 лет
Вода в атмосфере и живых организмах		
Вода в атмосфере	13	8 дней
Вода в организмах	1	Несколько часов

- Некоторые элементы круговорота воды поддаются управлению человеком, но лишь в приграничных слоях гидросферы, литосферы и атмосферы: накопление воды в водохранилищах, снегонакопление и снегозадержание, искусственные дожди и др. Но подобные меры должны быть весьма осторожными и продуманными, так как в природе все взаимосвязано и изменения в одном месте могут повлечь нежелательные последствия в другом регионе.

- В результате климатического кругооборота непрерывно восполняются запасы подземных вод. Дело в том, что на земной поверхности происходит разделение выпавших атмосферных осадков на три составные части: одна часть этих осадков тут же снова **испаряется** в атмосферу, вторая часть, стекающая по поверхности земли в сторону Мирового океана, образует **поверхностный сток**, и, наконец, третья часть проникает через почву в горные породы, образуя **подземный сток**.
- Соотношение между выделенными тремя составляющими различно и зависит от конкретных природных условий: характера рельефа, типа горных пород, их пористости и трещиноватости, температуры воздуха, характера растительности и т.д.

- Важнейшими результатами климатического круговорота, как следствие непрерывного движения, являются следующие.
- 1. **Формирование ветви пресных вод**
- 2. **Поддержание на континентах более высоких относительно океана уровней подземных вод,**
- 3. **Строгую направленность движения воды от горных сооружений (водоразделов) к бассейнам стока и в конечном итоге возвращение воды в океан.**
- 4. **Формирование разнообразного водообмена.**
- 5. **Возобновляемость запасов воды на континентах.**
- 6. **Физическое и химическое преобразование (гидрогенез) горных пород.**
- 7. **Перенос солей.**