

**Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»
Геолого-географический факультет
Кафедра геологии и географии**

**Дисциплина:
Гидрогеология**

К.Т.Н., доцент

Меженная Ольга Борисовна

Гомель 2018

- Продолжительность - 1 семестра
- Форма контроля знаний – зачет
- лекций – 36 часов (СУРС – 10 часов),
- практических занятий – 16 часов.

Литература

1. **Всеволоожский, В.А.** Основы гидрогеологии / В.А. Всеволоожский. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – 448 с.
2. **Гавич И. К.** Сборник задач по общей гидрогеологии: учеб. пособие для вузов / И. К. Гавич, А. А. Лучшева, С. М. Семенова-Ерофеева. – М.: Недра, 1985. – 412 с.
3. **Белоусова, А.П.** Экологическая гидрогеология / А.П. Белоусова, И.К. Гавич, А.Б. Лисенков. – М.: ИКЦ Академкнига, 2006. – 397 с.

Тема 1. Общие сведения о гидросфере планеты

1. Единство природных вод Земли
2. Поверхностная часть гидросферы.
Водный баланс суши.

1. Единство природных вод Земли

- Под *гидросферой* понимают водную оболочку Земли, объединяющую воды Мирового океана, подземные воды (содержащиеся в земной коре), а также поверхностные воды суши (реки, озера, болота, включая снежный покров и ледники).
- При этом **верхняя граница** гидросферы является одновременно нижней границей атмосферы, а **нижняя граница** гидросферы совпадает с границей земной коры и мантии.

- Гидросфера планеты должна рассматриваться как **единая динамическая система**, открытая в сторону космоса и внутренних областей Земли (мантия, ядро).
- Гидросфера играла и играет **основополагающую роль в геологической истории Земли** в формировании физической, химической, а следовательно, и геологической среды, климата, в возникновении жизни на Земле и ее развитии.

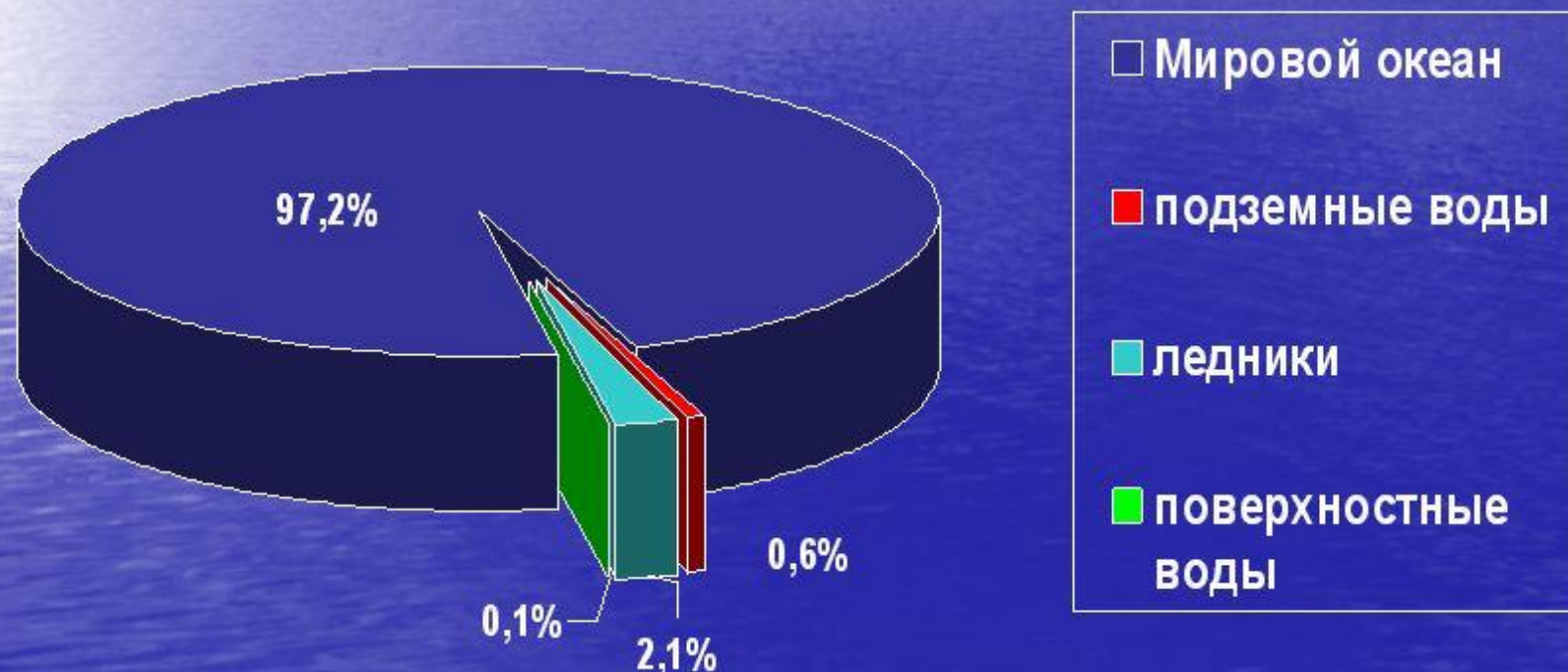
- Основными внутренними процессами гидросферы являются **круговороты воды и водообмен**, происходящие на различных ее уровнях и в различных масштабах.
- **Общий объем воды**, содержащийся в гидросфере Земли, по существующим оценкам составляет около **1500 млн км³**

Водные ресурсы мира

Распределение воды в гидросфере

Она покрывает 71% земной поверхности. Земля обладает колоссальным объемом воды около 1,5 млрд. км³.

Однако 98% этого объема составляют соленые воды, и только 28 млн. км³ - пресные воды.



На пресные воды приходится около 2,5 % общего объёма гидросферы

Распределение Воды Земли

Пресноводный 3%



Вода земли

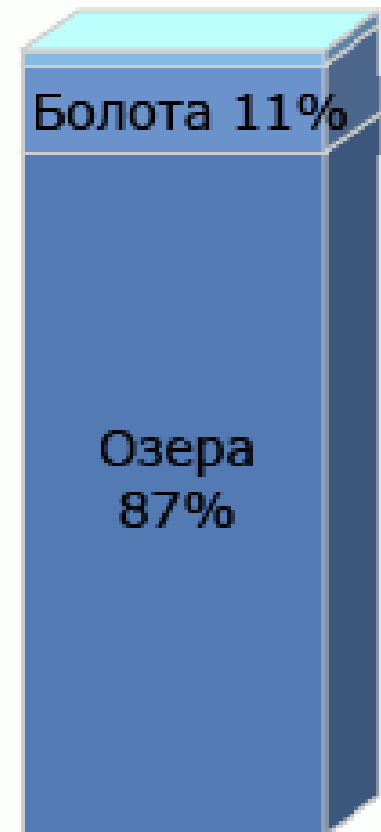
Другой 0.9%



Пресноводный

Поверхностная вода 0.3%

Реки 2%



Свежая
поверхностная
вода

2 Поверхностная часть гидросферы.

Водный баланс суши

- Поверхностная часть гидросферы представлена водными массами Мирового океана и поверхностными водами суши (реки, озера, болота, ледники и снежники).
- Основные процессы движения водных масс поверхностной части гидросферы и ее взаимодействие с водами атмосферы – это малый (океанический и континентальный) и большой (Мировой) круговороты воды в природе.

Уравнением водного баланса, которое описывает соотношение прихода и расхода воды с учетом изменения ее запасов за определенный интервал времени для участка территории

$$X+K+Y_{\text{пр}}+W_{\text{пр}}-Y_{\text{от}}-W_{\text{от}}-Z_1-Z_2=$$
$$X+K\pm\Delta Y-Z_1-Z_2\pm\Delta W=\pm\Delta U,$$

где X — атмосферные осадки,

K — конденсация,

ΔY — разность притока и оттока поверхностных вод,

Z_1 — испарение с водной поверхности,

Z_2 — суммарное испарение с поверхности суши,

ΔW — разность между просачиванием поверхностных вод через поверхность земли и притоком ПВ на поверхность (подземный приток и отток),

ΔU — изменение запасов воды на площади балансового участка (все составляющие выражены в слое воды в мм или в м³ за определенный период времени).

- **Атмосферные осадки** – жидкие или твердые продукты конденсации водяных паров в атмосфере, выпадающие на поверхность земли (воды) в виде дождя, снега, града, а также осаждающиеся непосредственно из воздуха на поверхность земли в виде росы, инея и измороси. Количество осадков может быть выражено объемом воды (см^3 , л, м^3 и др.) или слоем (мм, см, м).
- Наиболее применяемая форма - мм/ч, мм/сут, мм/год.

Непосредственные
 измерения
 количества
 атмосферных
 осадков
 (испарения,
 температуры
 воздуха и др.)
 выполняются на
 специальных постах
 и станциях
 Гидрометеорологич
 еской службы.

Таблица 1.2

Распределение годовых сумм атмосферных осадков
 и их среднегодовое (норма) значение, мм/год
 (Справочник климата, вып. 15, 1971)

Годы наблюдений	Пункты наблюдений		
	Хибины	Махачкала	Петропавловск-Камчатский
1951	509	375	808
1952	368	315	997
1953	539	310	842
1954	541	425	850
1955	531	466	1289
1956	369	405	999
1957	525	284	792
1958	436	430	722
1959	568	523	722
1960	316	425	753
1961	616	409	896
1962	540	283	992
1963	550	444	769
1964	548	324	788
1965	601	229	857
Норма	594	376	875

- **Норма годовых осадков** - среднее значение годовых осадков за многолетний период наблюдений такой продолжительности, когда при дальнейшем увеличении периода наблюдений, полученное среднее значение изменяется в пределах ошибки измерения.

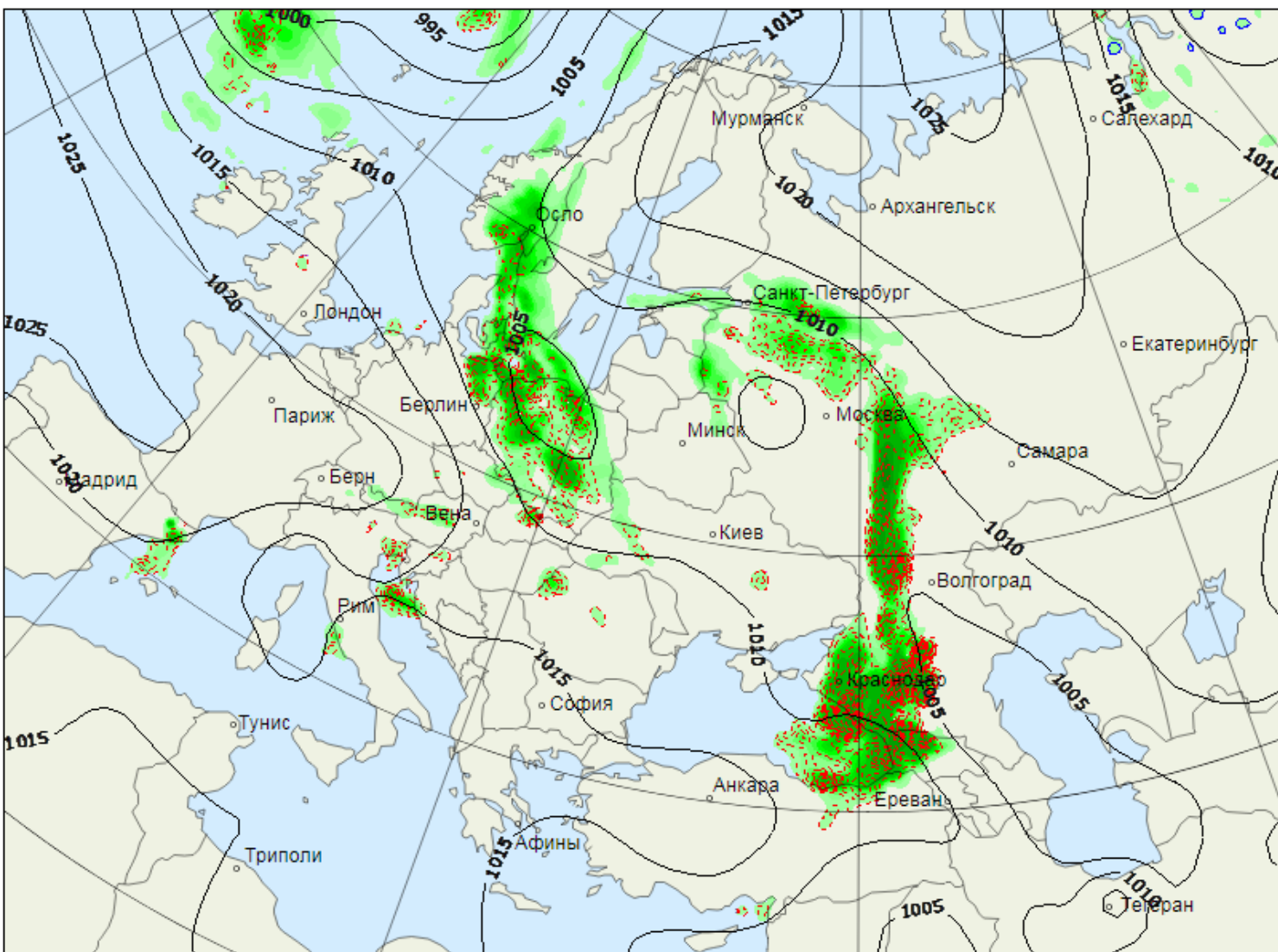
$$X_0 = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{N},$$

где X_0 — норма годовой суммы осадков, мм/год;
 x_j — сумма осадков в конкретный год, мм/год;
 N — необходимое число лет наблюдений.

- Наличие многолетнего ряда наблюдений и оценка нормы атмосферных осадков позволяют объективно оценивать так называемые *маловодные* (ниже нормы) и *многоводные* годы (периоды), годы с *максимальной* и *минимальной* водностью, конкретно оценивать различие сумм атмосферных осадков в годы с различной водностью и т.д.

- Изменение годовых сумм атмосферных осадков осуществляется не только во времени, но и по площади.
- Распределение атмосферных осадков на площади изучаемого района отражается или в виде **карты изогийет** или путем **выделения районов**, характеризующихся едиными величинами атмосферных осадков.
- **Изогиеты** — линии, соединяющие точки с одинаковым количеством атмосферных осадков (средненоголетние, годовые, сезонные и любые другие значения за определенный период времени).

- Оценка среднего значения слоя атмосферных осадков для любого по площади участка выполняется с помощью
 1. графоаналитических приемов, простейшими из которых являются расчет среднего арифметического (из показаний всех метеорологических постов и станций, расположенных на рассматриваемой территории),
 2. метод квадратов,
 3. способ изогьет (самый точный).



- **Испарение** – процесс перехода молекул H_2O при достижении скорости, достаточной для преодоления сил молекулярного притяжения с поверхности жидкости или твердого тела в атмосферу.
- **Величиной испарения** является разность между числом молекул H_2O , перешедших с поверхности воды или твердого тела в окружающее пространство, и числом молекул, снова поглощенных этой поверхностью.
- Если число молекул, поглощенных поверхностью, превышает число молекул, оторвавшихся от нее, этот процесс называется **конденсацией**.

- При расчетах водного баланса используются **3 основных вида испарения**:
 1. испарение с водной поверхности,
 2. транспирация (отбор влаги корнями растений) и
 3. суммарное испарение с поверхности суши.Выражается в л, м³ или в мм, см, м.

Испаряемость - максимально возможное испарение при данных метеорологических условиях с достаточно увлажненной испаряющей поверхности (водная поверхность или постоянно увлажняемая поверхность грунта)

- Величина испарения обычно выражается **слоем воды** (мм), испарившимся с рассматриваемой поверхности за единицу времени (мм/сут, мм/мес, мм/год).
- Годовая и средняя многолетняя (норма) величины испарения рассчитываются так же, как характеристики атмосферных осадков

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + (P/L)^2}},$$

где E — норма годового суммарного испарения (мм/год);

P — норма атмосферных осадков (мм/год);

$$L = 300 + 25T + 0,05T^2$$

- Испарение с водной поверхности (испаряемость) определяется главным образом **радиационным балансом** местности ($\text{ккал/см}^2 \cdot \text{год}$) — разность между суммарной солнечной радиацией, поглощенной земной поверхностью, и эффективным излучением Земли. В общем случае увеличивается от арктических областей к экваториальной зоне Земли от 100 до 2000 мм/год

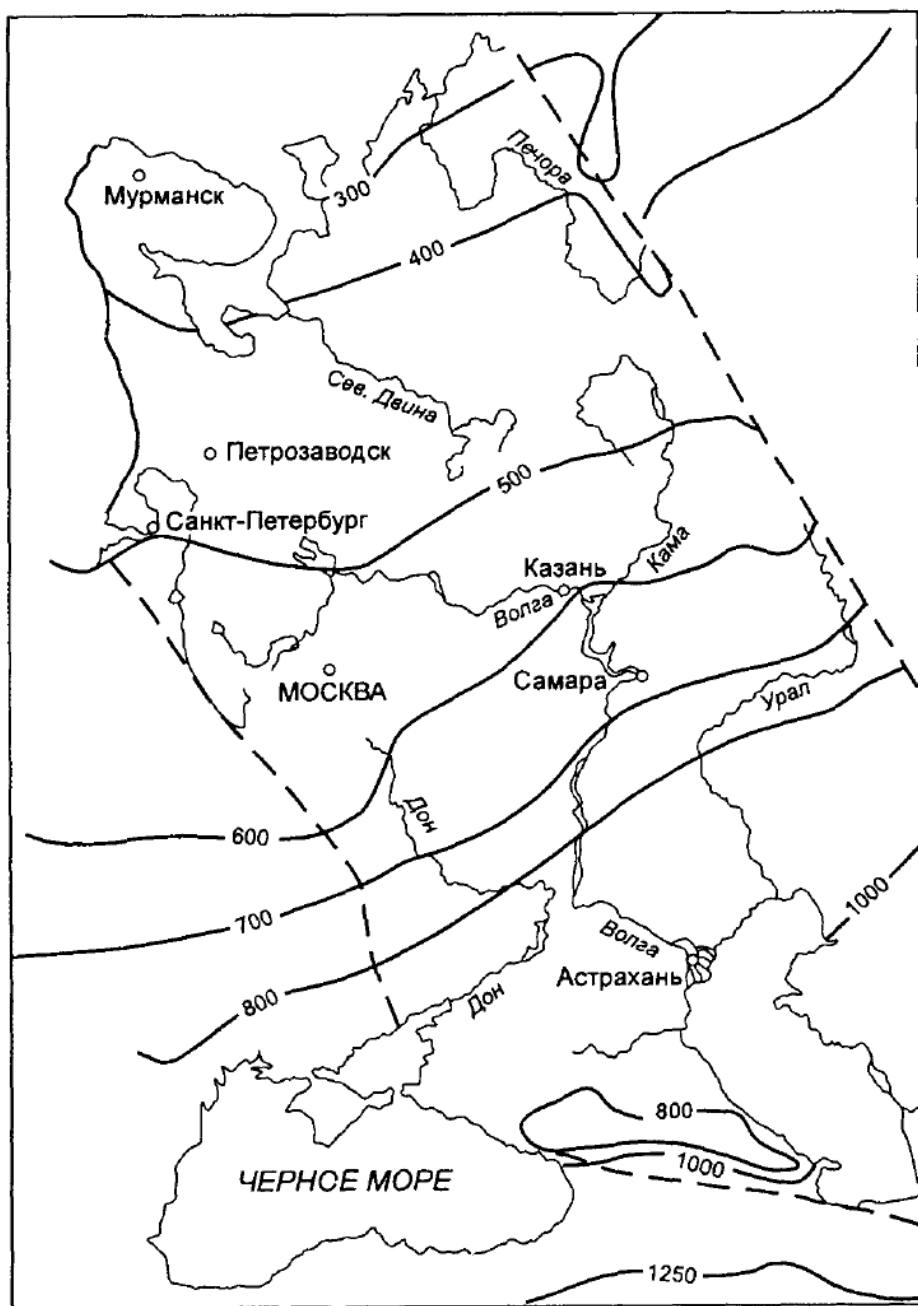


Рис. 1.3. Распределение годовых величин испаряемости (мм/год) на территории европейской части России (Мировой водный баланс, 1974)

- **Суммарное испарение с поверхности суши** помимо величины радиационного баланса тепла тесно связано со **степенью увлажнения поверхности земли** (количество атмосферных осадков) и изменяется от 100—150 мм/год в арктических и засушливых внутриконтинентальных областях до 1200—1500 мм/год и более в подзоне влажных тропиков.
- Степень увлажнения поверхности характеризуется **коэффициентом увлажнения**, определяемым из соотношения атмосферных осадков и величины максимально возможного испарения (за тот же период):

$$K_y = \frac{X_0}{Z_0},$$

где K_y — среднее значение коэффициента увлажнения;
 X_0 — среднее многолетнее значение (норма) суммы осадков (мм/год);
 Z_0 — максимально возможное испарение (испаряемость) (мм/год).

- **Поверхностный сток** – это процесс движения воды, происходящий в форме ее стекания по земной поверхности.
- **Основные виды поверхностного стока:**
 1. **склоновый**, формирующийся в виде широких, но мелких потоков на поверхности склонов,
 2. **тальвеговый** – в виде сосредоточенных потоков в более или менее разработанном русле (балки, широкие овраги)
 3. **и речной сток**, формирующийся в виде сосредоточенного потока поверхностных вод в хорошо разработанном речном русле.
Выражается в м^3 , км^3 или в л/с, $\text{м}^3/\text{с}$.

- **Речной сток формируется** на площади так называемого водосборного бассейна (речной бассейн, водосбор), представляющего собой участок земной поверхности, с которого поступают воды в данную речную систему, реку, озеро и др.
- Аналогично этому элемент подземной части гидросферы, из которого происходит поступление подземных вод в данную речную систему (реку), называется ее **подземным стоком, водосбором.**

- Граница (в плане) между двумя смежными водосборными бассейнами называется **водоразделом**, причем в зависимости от строения гидрогеологического разреза, размеров бассейна и других факторов поверхностный и подземный водоразделы (водосборы) данной речной системы могут как совпадать, так и не совпадать друг с другом.
- **Расход стока** - количество воды, протекающее через поперечное сечение потока (русла) в единицу времени (л/с, м³ / с).

- Величина речного стока может быть охарактеризована **модулем стока**, представляющим собой расход стока (л/с) с 1 км² площади водосбора:

$$M = 1000 \frac{Q}{F}, \text{ л/с} \cdot \text{км}^2,$$

где Q — расход воды в замыкающем створе, м³ / с ;

F — площадь водосбора выше замыкающего створа, км² ;

- **Слой стока**, определяемым обычно в расчете за годовой период (декада, месяц, сезон года)

$$Y = 1000 \frac{Q}{F},$$

где Y — слой стока, мм/год;

Q — объем стока, м³/год;

F — площадь водосбора, м².

Модуль стока (л/с • км²) и годовой слой стока (мм/год) связаны между собой простым соотношением:

$$Y = 31,5 M,$$

где 31,5 — числовой коэффициент, учитывающий число секунд в году и размерность величин.

- Величина речного стока может быть выражена также *коэффициентом стока*, характеризующим отношение слоя стока к сумме атмосферных осадков за тот же период, в долях единицы или процентах:

$$K = \frac{Y}{x} 100\%,$$

- где K — коэффициент речного стока;
- Y — слой стока, мм/год;
- x — сумма атмосферных осадков, мм/год.

- График изменения расхода речного стока в конкретном сечении русла (створе) в течение годового периода (месяца, сезона и др.) называется **гидрографом**, или гидрограммой стока

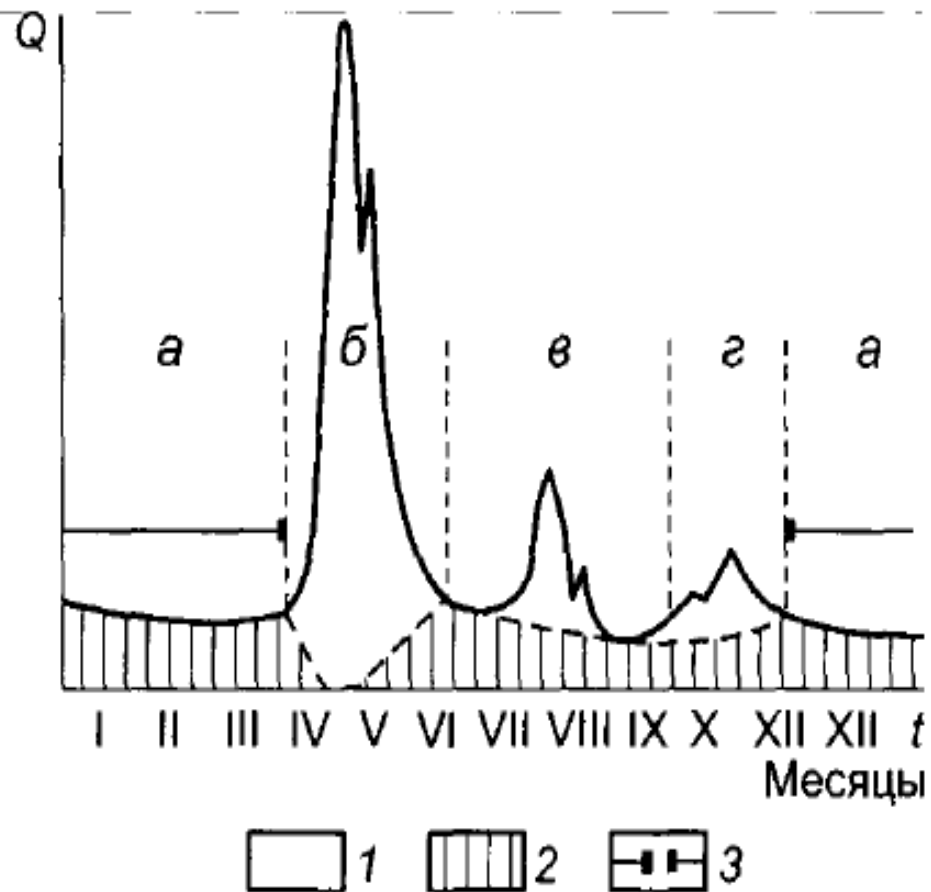


Рис. 1.4. Расчленение гидрографа реки по видам ее питания: 1 — поверхностный сток; 2 — подземный сток; 3 — периоды с наличием ледяного покрова; а — зимняя межень; б — весеннее половодье; в — летняя межень с периодами дождевых паводков; г — период летне-осенних паводков

- При наличии данных наблюдений или гидрографа стока величина речного стока (в данном створе) может быть охарактеризована **средним расходом** (м³ / с) за любой период времени (среднемесячный расход, средний расход зимней межени и т.д.) или **среднегодовым расходом**, определяемым из соотношения

$$\bar{Q} = \frac{V}{N},$$

- где $\bar{Q}$ — значение среднегодового расхода, м³/ с;
- V — годовой объем речного стока, м³ ;
- N — число секунд в году.

- Уравнение водного баланса для площади речного бассейна, ограниченного водоразделом (граница водосбора) и замыкающим створом, в котором измеряется речной сток за любой расчетный период, может быть представлено в виде

$$Y = X - Z \pm \Delta W \pm \Delta U,$$

- где Y — речной сток в замыкающем створе;
- X — атмосферные осадки;
- Z — суммарное испарение с площади речного бассейна за вычетом конденсации;

- ΔW — разность между просачиванием воды через поверхность земли (инфильтрация атмосферных осадков, поглощение части склонового стока и др.) и поступлением подземных вод в речную сеть бассейна;
- ΔU — изменение запасов поверхностных вод на площади бассейна (все элементы уравнения выражены в одних единицах измерения — м³, мм слоя и т.д.).

- Для многолетнего периода (в расчете на годовой цикл) при характеристике балансовых величин их средними многолетними годовыми значениями или нормой (мм/год и т.д.) уравнение принимает вид

$$X_0 - Y_0 - Z_0 \pm \Delta W = 0,$$

-
- поскольку для многолетнего периода с многократным чередованием маловодных и многоводных лет $\pm \Delta U = 0$.