

**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

Тема 2

Состав и строение подземной гидросферы

- 1. Виды воды в горных породах
- 2. Строение подземной гидросферы

1. Виды воды в горных породах

- В подземной части гидросферы планеты могут быть выделены две принципиально **различные группы подземных вод**:
- 1) воды в **свободном состоянии**, способные к самостоятельным формам движения, различным, в зависимости от конкретного вида воды;
- 2) воды в **связанном состоянии**, не способные к самостоятельным формам движения, без перехода в свободное состояние (в другие виды воды).

- **Вода в свободном состоянии** существует в виде:
 - 1) **пара** (парообразная);
 - 2) **гравитационной воды** (просачивающейся капельножидкой, подземных потоков);
 - 3) в **надкритическом состоянии** (пониженная вязкость, повышенная теплопроводность, активный растворитель).

- **Вода в парообразном состоянии** (водяной пар) существует в виде молекул H_2O (комплексов типа $n - H_2O$) **в воздухе**, заполняющем пустоты в горных породах при их неполном насыщении жидкостью, или в виде пароводяной смеси (парогидротермы), образующейся из перегретых ($t > 100^\circ C$) подземных растворов при резких уменьшения давления ("вскипание").

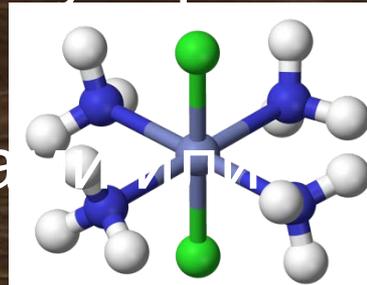
- **Свободной гравитационной водой** называются подземные воды, движение которых происходит под действием силы тяжести и (или) градиента гидростатического давления.
Просачивающейся называется подземная вода, формирующаяся в ненасыщенной зоне и передвигающаяся преимущественно в капельно-жидкой форме под действием силы тяжести. ("подземное дождевание").

- **Водой подземного потока** называется свободная гравитационная вода, передвигающаяся в условиях полного насыщения свободного пространства в минеральном скелете горных пород под действием силы тяжести и градиента гидростатического давления.
- ***Водой в надкритическом состоянии*** называются подземные воды с температурой и давлением выше критических. Для чистой воды критическая температура равна 374°C , давление — $2,2 \cdot 10^4$ кПа.

Воды в связанном состоянии включают пять
видов:

- 1) вода, химически связанная с кристаллической структурой минералов;
- 2) вода, физико-химически и физически связанная с поверхностью минеральных частиц (скелета) горных пород;
- 3) вода переходного состояния от связанной к свободной, в том числе капиллярно-связанная;
- 4) иммобилизованная (вакуольная) вода;
- 5) вода в твердом состоянии.

- **Связанной** называется вода, входящая в состав породообразующих минералов и минеральных соединений или различным образом связанная с поверхностью минерального скелета (частиц) горной породы (**вакуольная вода и вода в твердом состоянии (лед)**).
- **Вода, химически связанная** с кристаллической структурой минералов, существует в форме **кристаллизационной** воды, входящей в кристаллическую решетку минералов в виде молекул H_2O (гипс $CaSO_4 \cdot 2 H_2O$, мирабилит $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ и др.); **конституционной** (немолекулярная форма — H , OH^-) и **координационно-связанной** молекулы воды связаны атомами и ионами решетки минералов.

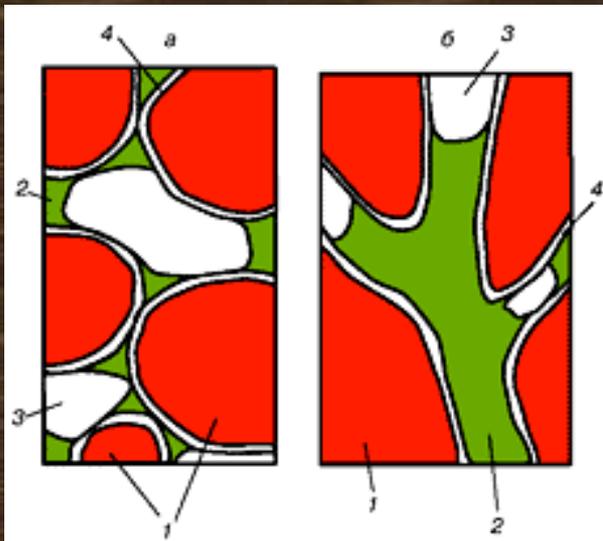


- У ряда минералов (анальцит $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot \text{H}_2\text{O}$ (минерал из группы водных цеолитов, минерал класса силикатов (водный алюмосиликат), со стекляннным блеском др.) **удаление молекул воды происходит без разрушения кристаллической решетки**, в ряде случаев даже без нагревания до высоких температур, и ее содержание может восстанавливаться при изменении термодинамических условий. Подобная вода в отличие от кристаллизационной называется **цеолитной** (межслоевой) водой, которая заполняет межкристаллическое пространство.



- Вода, *физико-химически* и *физически связанная* с поверхностью минералов с энергией связи 0,42—84 кДж/моль, называется *адсорбционно-связанной* или "*прочносвязанной*".
- Она образует на поверхности минералов слои мономолекулярной и полимолекулярной адсорбции с общей толщиной пленки $I = 0,001 — 0,002$ мкм

- **Вода переходного состояния:**
- 1) вода **осмотически поглощенная** (осмотическая), формирующаяся в области двойного электрического слоя за счет поверхностно-осмотических сил ("**рыхлосвязанная**" вода). Толщин пленки $h = 0,001—0,01$ мкм, возможно до 0,1 мкм;
- 2) вода **капиллярно-конденсированная** из молекул водяного пара и **капиллярно-осмотическая**, формирующиеся в порах с диаметром 0,001—0,1 мкм (капиллярно-"**неподвижная**" вода);



а-капиллярно-конденсированная вода;
 б -собственно капиллярная вода;
 1-минерал,
 2 - капиллярная вода,
 3-воздух,
 4-адсорбционная вода.

- 3) вода *собственно капиллярная* в сквозных порах с диаметром 1 — 100 мкм, обладающая способностью к капиллярному поднятию над свободным уровнем воды,
- и *капиллярно-гравитационная* в порах с диаметром 10²—10³ мкм, способная передвигаться при небольших изменениях давления.

- В отличие от свободной связанная вода характеризуется существенно отличными значениями *вязкости, теплоемкости, электропроводности* и др., имеет значительно более низкую *растворяющую способность*, не передает гидростатического давления и не передвигается под действием силы тяжести.

- **Иммобилизованной** (вакуольной) называется вода, которая содержится в изолированных пустотах минерального скелета горных пород (вакуолях).
- Может переходить в свободную (другие виды воды) главным образом в результате механического разрушения горных пород и минералов.
- Вода в **твёрдом состоянии (лед)** широко распространена в подземной гидросфере в области развития многолетнемерзлых пород и вне этой области — в приповерхностном слое сезонного промерзания.

2 Строение подземной гидросферы

- Состав и строение подземной гидросферы зависит от:
 1. строения геологического разреза земной коры,
 2. физических свойств и состава горной породы,
 3. геотектонического режима,
 4. давления в земной коре.

- **Разрез Земли** в обобщенном виде можно представить следующим образом (**сверху вниз**):
 - 1) зона аэрации (буферный слой)
 - 2) криолитозона
 - 3) зона полного насыщения (ЗПН)
 - 4) зона ПВ в надкритическом состоянии.

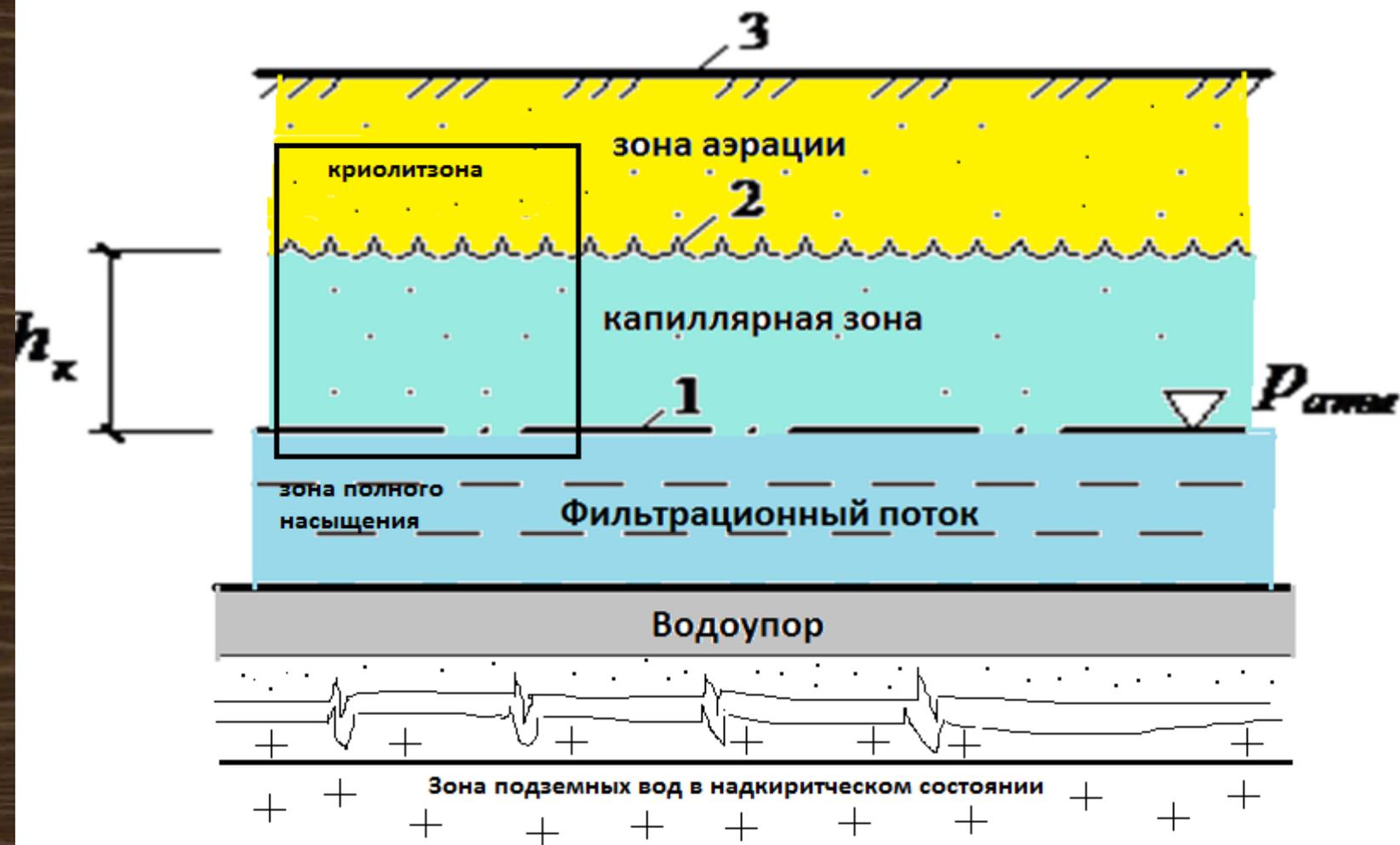
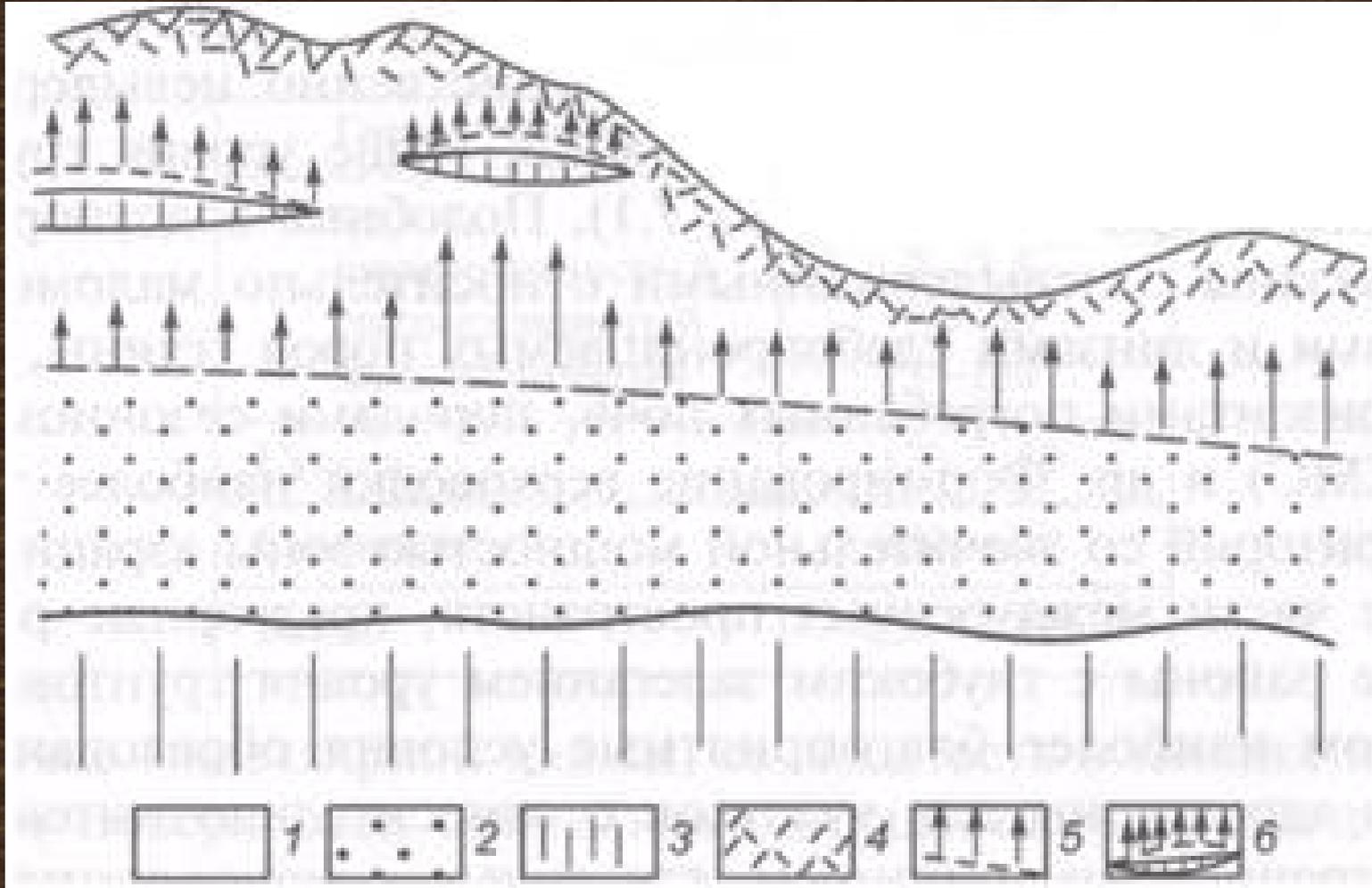


Рис. 19. Пример водонасыщенной пористой среды: 1 - свободная поверхность (УГВ); 2 - верх капиллярной зоны; 3 - поверхность земли

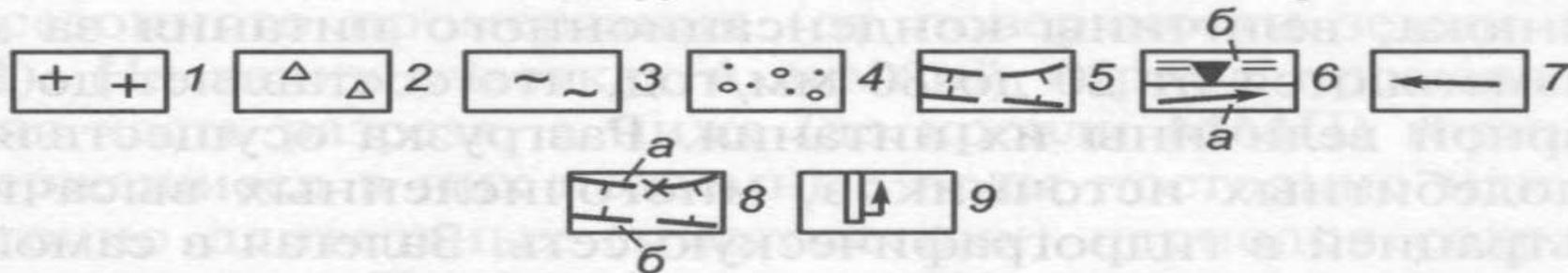
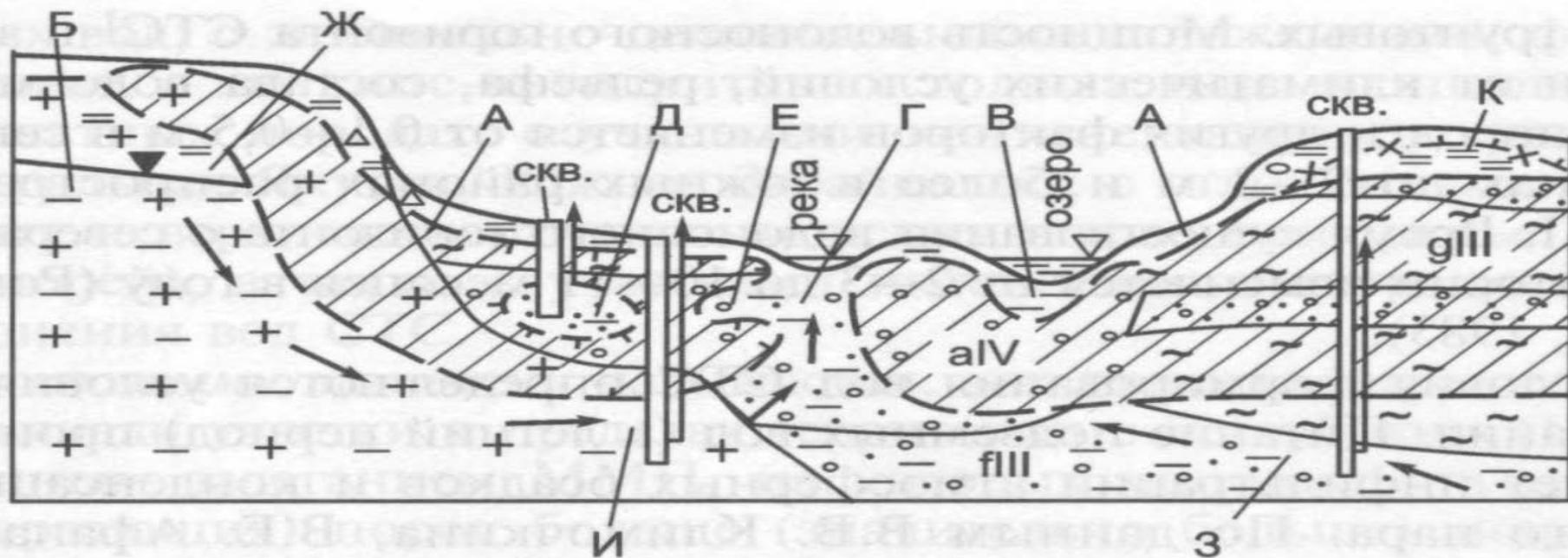
- **Зона аэрации** между атмосферой и гидросферой, мощность которой изменяется от первых см, м на равнинных участках **до 200-250 м** на расчлененных междуречных пространствах.
- Через эту зону происходит **вертикальное просачивание** по свободным порам либо атмосферных осадков, либо поверхностных вод, поэтому эта зона заполняется периодически, и является **зоной неполного насыщения**.
- В нижней части залегает горизонт капиллярной воды - **зона капиллярного поднятия**, ниже находится зона полного насыщения.



- *Рис. 2* Схема залегания типов подземных вод зоны аэрации:
- 1 – породы зоны аэрации, 2 – грунтового водоносного горизонта,
- 3 – слабопроницаемые породы, 4 – почвенный слой,
- 5 – уровень грунтовых вод и капиллярная кайма, 6 – верховодка

- **Криолитозона** выделяется в области распространения многолетнемерзлых пород (континенты, горы).
- Она охватывает часть зоны аэрации и верхнюю часть зоны насыщения.
- Мощность в зависимости от климатических условий от первых м до **1000-1500 м** и $>$. Основная масса ПВ находится **в твердом состоянии**, кроме того в виде **физически связанной воды**.
- **Свободная гравитационная вода** может быть **связана** только **с горными породами**, которые находятся в талом состоянии или тогда, когда вода имеет высокую минерализацию и при отрицательных температурах не замерзает.

- Криолитозона состоит из мерзлых, морозных и охлажденных пород.
- 1) *мерзлые породы* содержат в своем составе лед,
- 2) *морозные* – породы с $t < 0$ °С, в которых отсутствуют лед и вода (это чаще магматические и метаморфические породы и их разновидности),
- 3) *охлажденные породы* имеют t ниже 0 °С и насыщены солеными водами.



- А – надмерзлотные воды сезонно-талого слоя; Б – воды сквозного дождевально-радиационного талика; В – надмерзлотные воды подозерного несквозного талика; Г – воды сквозного подруслового талика; Е – межмерзлотные воды; Ж – подмерзлотные воды неконтактирующие безнапорные; 3 – подмерзлотные воды неконтактирующие напорные; И – подмерзлотные воды контактирующие напорные; К – надмерзлотные воды несквозного дождевально-радиационного талика; 1 – изверженные трещиноватые породы; 2 – щебень и дресва; 3 – суглинки; 4 – пески, галечники; 5 – многолетнемерзлые породы и их граница; 6 – обводненность пород состояния (а), периодическая (б); 7 – направление движения подземных вод; 8 – подошва сезонно-талого слоя (б) и сезонно-мерзлого слоя (а); 9 – скважины, стрелкой показана глубина появления и установившийся уровень подземных вод

- **Зона полного насыщения** охватывает верхнюю часть разреза земной коры от уровня первого водоносного горизонта до глубин **10-20 км**.
- Именно на этих глубинах **температура и давление** водных растворов **достигают критических значений** ($t=347-450^{\circ}\text{C}$).
- **Свободное пространство** в горной породе - поры, трещины, пустоты - **полностью** **заполнены свободной, гравитационной и физически связанной водой**, за исключением тех участков, где могут содержаться в большом количестве газы, жидкие углеводороды и т. д.

- **Зона ПВ в надкритическом состоянии**
- Нижняя часть разреза земной коры до границы с верхней мантией, мощность в пределах континентов **20-30 км** и $>$ до глубин **40-50 км**. Вода в надкритическом состоянии - особый вид ПВ с температурой и давлением выше критических.

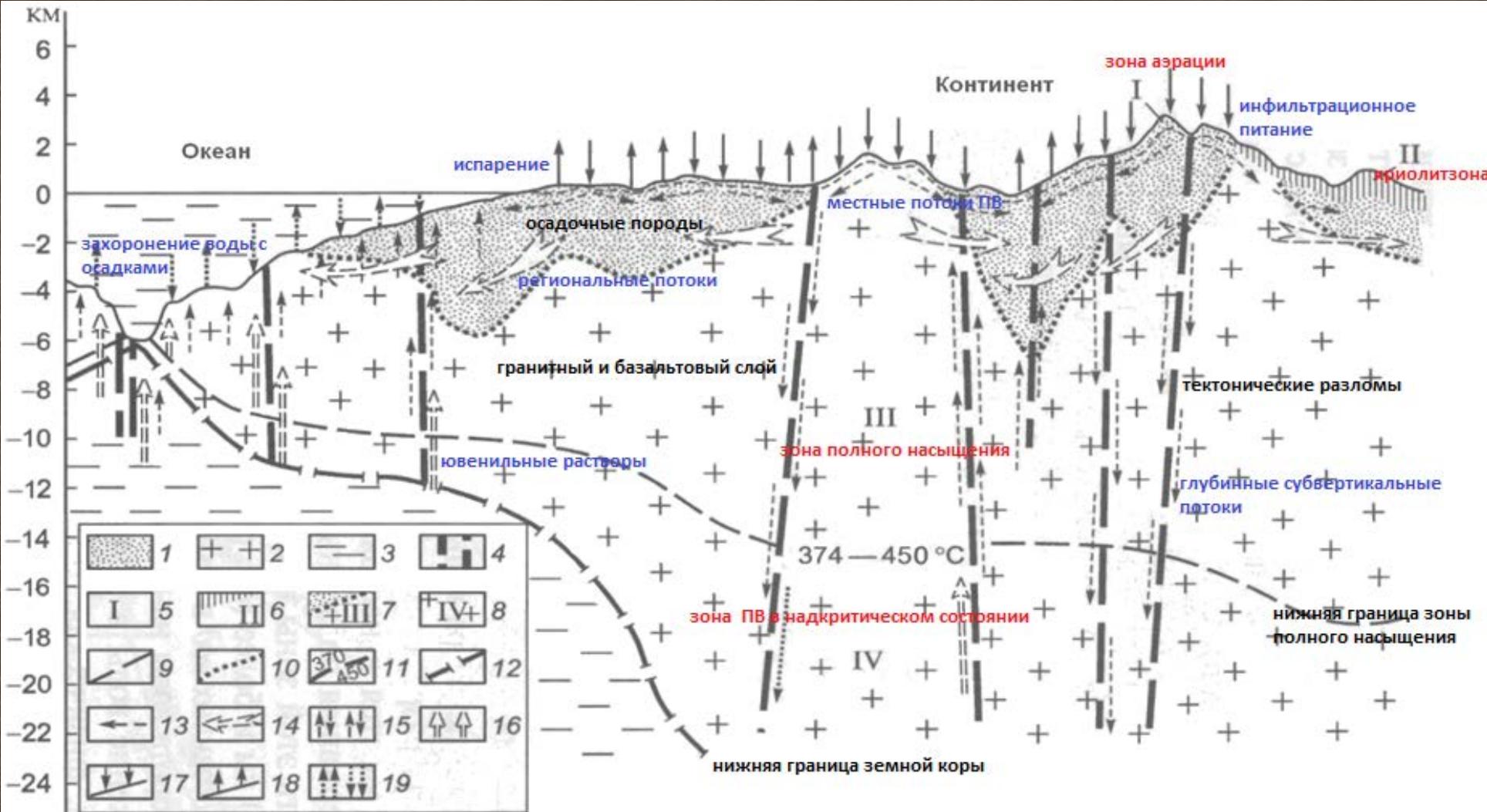


Рис. 1. Принципиальный гидрогеологический разрез земной коры:

- 1 – осадочные породы земной коры; 2 – гранитный и базальтовый слой земной коры; 3 – верхняя мантия;
- 4 – зоны глубоких тектонических разломов; 5 – зона аэрации (вне масштаба); 6 – криолитозона;
- 7 – зона полного насыщения; 8 – зона подземных вод в надкритическом состоянии; 9 – нижняя граница зоны аэрации;
- 10 – подошва осадочных пород; 11 – нижняя граница зоны полного насыщения; 12 – граница Мохоровичича;
- 13 – направления движения «местных» потоков подземных вод; 14 – региональных потоков; 15 – глубинных субвертикальных потоков; 16 – возможное поступление ювенильных растворов;
- 17 – инфильтрационное питание; 18 – испарение грунтовых вод;
- 19 – захоронение морской воды с осадками и отжатие поровых вод