

Гидрогеология и инженерная геология

Лекция 4

Виды воды в горных породах

• ВИДЫ ВОДЫ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

- На основании экспериментальных работ по изучению свойств воды в грунтах А. Ф. Лебедевым в 1930 г. была предложена следующая классификация видов воды в породах:
- вода в виде пара;
- гигроскопическая вода;
- пленочная вода;
- капиллярная вода;
- гравитационная вода;
- вода в твердом состоянии;
- кристаллизационная и химически связанная вода.

- Эта классификация в принципе сохранилась до настоящего времени. Последующие работы ряда советских ученых ее развили и уточнили. Современная классификация имеет следующий вид:
- I. Вода в виде пара.
- II. Физически связанная вода:
 - прочно связанная, или адсорбированная, вода;
 - рыхло связанная вода.
- III. Свободная вода:
 - 1) капиллярная вода:
 - а) вода углов пор (капиллярно-неподвижная вода);
 - б) подвешенная вода (капиллярно-подвижная вода);
 - в) собственно капиллярная вода (капиллярно-легкоподвижная вода);
 - 2) гравитационная вода:
 - а) просачивающаяся вниз (инфильтрационная) вода;
 - б) вода подземного водоносного пласта.
- IV. Вода в твердом состоянии.
- V. Кристаллизационная и химически связанная вода.

- **I Вода в парообразном состоянии**

- Поры горных пород далеко не всегда и не везде полностью заполнены водой. Свободное от воды пространство пор обычно занято газами подземной атмосферы, обязательным компонентом которой являются водяные пары.
- Водяные пары попадают в поры горных пород из наземного воздуха, а также являются результатом подземного испарения.
- Давно было замечено, что при понижении температуры ночью в почве образуется капельно-жидкая вода, которая является результатом конденсации водяных паров, проникших в почву из воздуха.

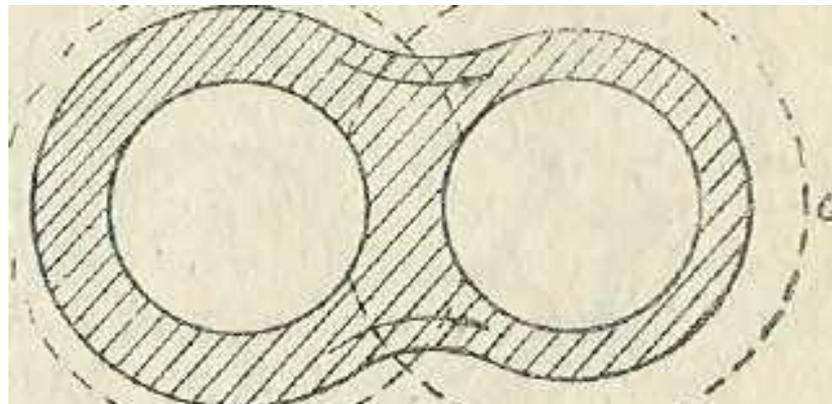
- **II Физически связанная вода**

- Физически связанная вода является результатом взаимодействия между поверхностью частиц породы и молекулами жидкой и газообразной воды. Поверхность частиц в результате неуравновешенности **электростатических сил** на ней создает около себя силовое поле. Молекулы воды, имеющие, как известно, двухполюсное строение (диполи), попадая в это поле, притягиваются к поверхности частиц, теряют свою обычную подвижность и образуют слой так называемой связанной воды.
- *а) Гигроскопическая вода- прочно связанная*
- Образуется на частицах породы путем адсорбции молекул воды. Она присуща тонкодисперсным породам и облекает частицы тонкой пленкой в 1-3 слоя ориентированных молекул, которая удерживается молекулярными и электростатическими силами. Следующий слой, толщиной 10-20 молекул называется **сольватной водой**.

- Гигроскопическая влага относится к виду прочно физически связанной воды. Электростатические силы, под воздействием которых она находится, обуславливают давление порядка 10^9 Па.
- Находясь под таким большим давлением, гигроскопическая вода значительно отличается от обычной и приближается по своим свойствам к твердому телу:
 - - ее плотность в среднем равна 2,
 - - она обладает значительной вязкостью, упругостью и прочностью на сдвиг
 - - температура замерзания гигроскопической воды равна -78° .
- Передвигаться по поверхности поры или трещины гигроскопическая вода не может. Перемещение от одного слоя породы к другому осуществляется после перехода ее в парообразное состояние при понижении относительной влажности и увеличения дефицита насыщения подземной атмосферы.
- Удалить гигроскопическую влагу из (породы можно только высушиванием в сушильном шкафу при температуре $105-110^\circ$).
- Гигроскопическую влагу необходимо отличать от конденсационной, которая также образуется в порах горных пород за счет водяных паров. Гигроскопическая влага образуется при относительной влажности подземной атмосферы, меньшей 100%, конденсационная же только при перенасыщении воздуха парами.

- *б) Пленочная или рыхлосвязанная вода*

- .При увлажнении породы сверх ее максимальной гигроскопичности образуется так называемая пленочная вода, облегающая поверхность частиц. Толщина этой пленки значительно превосходит толщину пленки гигроскопической воды; удерживается она на поверхности частиц за счет электромолекулярных сил.
- Отличие пленочной воды от гигроскопической состоит в том, что если последняя образуется за счет удержания на поверхности пустот молекул пара, то для образования пленочной влаги необходимо присутствие в породе жидкой воды.

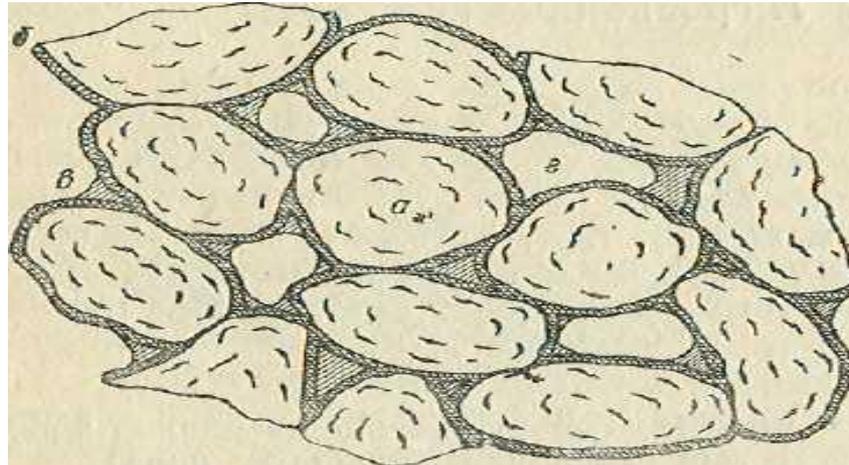


- Ближайшие к поверхности частиц слои пленочной воды, испытывая наиболее сильное воздействие со стороны электромолекулярных сил, образуют прочно связанную воду, по физическим свойствам аналогичную гигроскопической воде. Более удаленные слои, находящиеся под меньшим воздействием силового поля, образуют так называемую рыхло связанную воду.
- Самые верхние слои пленочной воды притягиваются к поверхности пустот силой, которая в 70 тыс. раз больше силы земного притяжения, поэтому передвижение пленочной воды происходит независимо от последней. Пленочная вода, вернее, ее рыхло связанные слои передвигаются под действием электромолекулярных сил от частиц породы, обладающих большей толщиной пленки, к частицам с меньшей ее толщиной.
- Пленочная вода, как и гигроскопическая, может быть удалена из породы только испарением. Пленочная вода замерзает при температуре ниже нуля.

- **III Свободная вода**

- **а) Капиллярная вода**

- При значительном увлажнении породы, когда электромолекулярные силы не способны удержать на поверхности частиц всю наличную воду, часть ее оказывается свободной.
- Эта вода прежде всего занимает узкие места капиллярных пор и углы более крупных пор, где заметнее проявляются (капиллярные силы. Так образуется вода углов пор, которая (представлена отдельными, разобщенными друг от друга каплями, которые ограничены упругой, прочно связанной со стенками поры поверхностью мениска.
- При дальнейшем увлажнении породы, когда все капиллярные поры окажутся заполненными водой, могут иметь место два вида капиллярной воды: **капиллярная и капиллярновзвешенная.**



- Капиллярные явления в горных породах над зоной насыщения характеризуются высотой и скоростью капиллярного поднятия, которые зависят:
 - а) от механического состава породы;
 - б) минералогического состава .породы;
 - в) температуры воды и др.
- В крупнозернистом песке капиллярное поднятие часто практически отсутствует или достигает ничтожной высоты; среднезернистые пески обладают несколько большим поднятием, а наибольшую высоту оно достигает в глинистых породах. **Максимальная высота, на которую может подняться вода в данной породе за счет капиллярных сил, называется предельной высотой капиллярного поднятия.**
- **б) Гравитационная вода**
- Свободная вода, передвигающаяся в порах породы за счет собственного веса, называется гравитационной. Она делится на:
 - - просачивающуюся **инфильтрационную**, передвигающуюся **сверху вниз**
 - - **фильтрационную воду**, циркулирующую **водоносном пласте.**
 - **Примером инфильтрационной воды является вода атмосферных осадков, просочившаяся в почву и двигающаяся далее вглубь до уровня подземных вод в водоносном пласте.**
- С гравитационной водой, как наиболее (подвижной и легко отдаваемой горными породами, приходится иметь дело при добыче воды для водоснабжения, при осушении котлованов, карьеров и шахт

- **IV Вода в твердом состоянии**

- При наличии в породах отрицательной температуры вода находится в твердом состоянии. **Вода в порах и трещинах мерзлой породы находится в виде льда.** Рыхлая или сыпучая мерзлая порода приобретает свойства твердой породы, при этом, роль цементирующего вещества выполняет лед. Однако не вся вода в мерзлой породе находится в твердом состоянии. **Связанная, и особенно, прочно связанная вода, температура замерзания которой значительно ниже нуля, остается в жидком состоянии.**
- Мерзлое состояние верхних слоев горных пород в условиях умеренного и холодного климата представляет собой явление сезонное и исчезает с наступлением теплого времени. Такая мерзлота называется сезонной. Глубина сезонного промерзания зависит от климатических условий, от физических свойств пород, их степени влажности, толщины снежного покрова и т. д.

- В областях с суровым, холодным климатом под оттаивающими за лето верхними слоями породы на десятки и даже на сотни метров в глубину залегают мерзлые породы. Это так называемая **многолетняя мерзлота**, которая существует тысячелетиями.
- **У Кристаллизационная и химически связанная вода**
- Кристаллизационная и химически связанная вода является составной частью некоторых минералов.
- **Кристаллизационная вода входит в состав кристаллической решетки в виде молекул, т. е. сохраняет в минерале свое молекулярное строение.** Кристаллизационную воду можно выделить из минерала нагреванием при температуре, не превышающей 400° , а в большинстве случаев значительно более низкой, причем при выделении .воды минерал часто не разрушается. Примером кристаллизационной воды может служить вода в гипсе ($\text{CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O}$), который при нагревании переходит в ангидрит (CaSO_4) с выделением свободной воды.
- **Химически связанная, или конституционная, вода входит в состав кристаллической решетки в виде ионов H и OH, т. е. в минерале не сохраняет своего молекулярного строения.** Для выделения ее требуется нагревание свыше 400° , причем с выделением воды минерал разрушается. Конституционная вода имеется, например, в диаспоре

• ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ЗЕМНОЙ КОРЫ

- В формировании теплового режима земной коры принимают участие экзогенные (солнечная радиация) и эндогенные факторы (тепло, поступающее из ядра Земли).
- Эти источники тепла в результате ряда факторов приводят к неравномерному разогреванию отдельных ее участков. В результате возникает теплообмен.
- **Геотермические зоны.**
- По особенностям температурного режима в земной коре выделяют 3 зоны:
- А) внешняя зона сезонных колебаний температур - гелиотермозона
- Б) пояс постоянных температур
- В) Внутренняя или геотермозона

- **Внешняя зона сезонных колебаний температур – гелиотермозона.** Определяется географической широтой, климатом, сезоном года, рельефом и пр. мощность слоя, подверженного сезонным колебаниям составляет 8-10 м. Годовых – до 15-35 м. с глубиной амплитуда колебаний температур убывает до т.н. пояса постоянных температур.
- **Пояс постоянных температур.** Тепловой режим пород в этом поясе определяется географическим положением, климатом, рельефом. В каждом конкретном районе температура в этом поясе близка к среднегодовой (**Таймыр –13 градусов, Средняя Азия-+23**).
- **В) Внутренняя или геотермозона.**
- Величину повышения температуры на каждые 100м – называют **геотермический градиент**; глубина, при которой происходит повышение температуры на 1 градус называется –**геотермическая ступень**.