

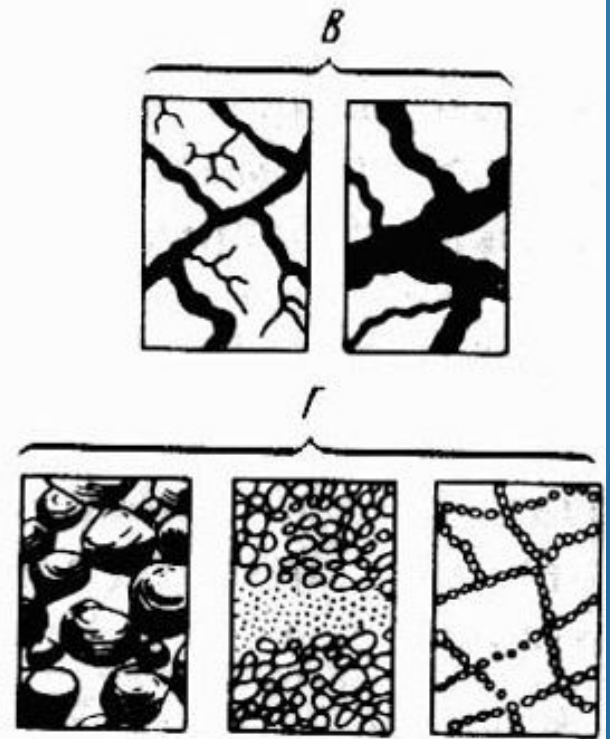
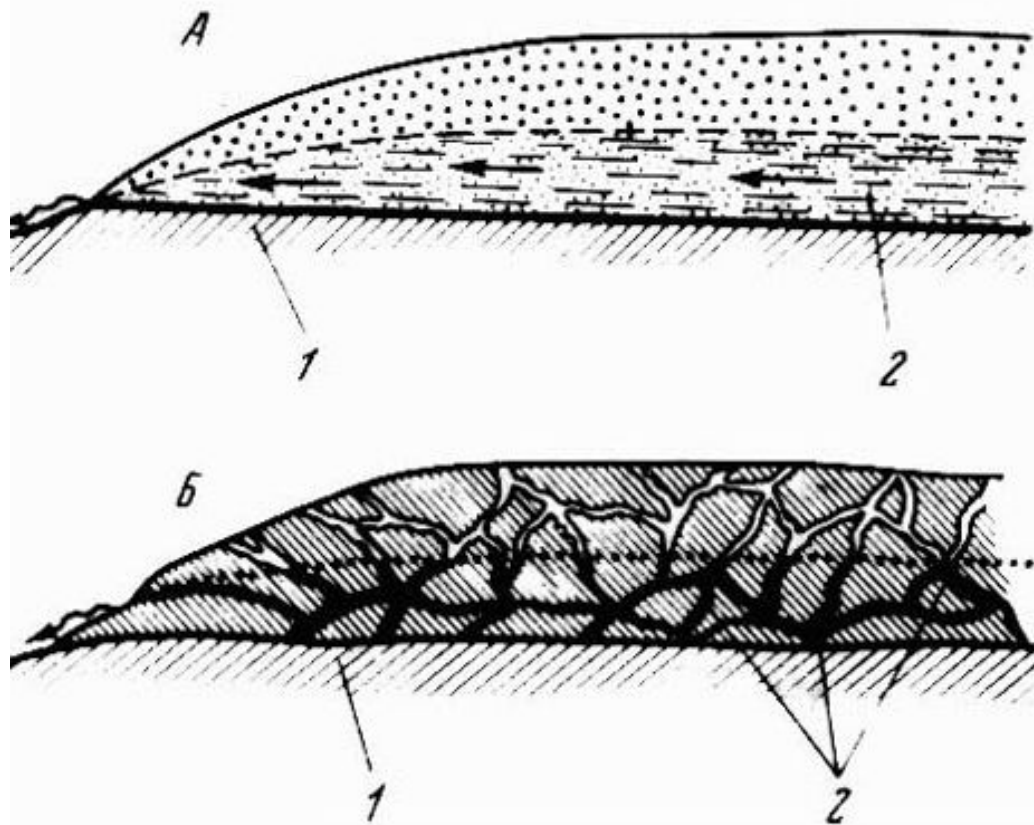
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

- ▶ К подземным водам относятся все природные воды, находящиеся под поверхностью Земли.
- ▶ Вопросы происхождения, движения, развития и распространения подземных вод являются предметом изучения *гидрогеологии*
- ▶ Подземные воды тесно связаны с водой атмосферы и наземной гидросферы - океанами, морями, озерами, реками.
- ▶ В природе происходит непрерывное взаимодействие этих вод, так называемый *гидрологический круговорот*

- ▶ Наибольшее поступление влаги в атмосферу происходит за счет испарения в океанах.
- ▶ Часть образующегося водяного пара над океаном, конденсируясь, выпадает в виде осадков над самим океаном, завершая так называемый **малый круговорот**.
- ▶ **Большой круговорот** - водообмен между океанами и сушей.
- ▶ Большая часть атмосферных осадков, выпадающих на материки, стекает по поверхности и вновь через реки попадает в океан. Часть осадков просачивается (фильтруется) в горные породы и идет на пополнение подземных вод, образующих подземный сток, часть осадков вновь испаряется в атмосферу.

- ▶ В пределах большого круговорота на материках выделяется **внутренний, или внутриконтинентальный, круговорот**, существенно увеличивая количество атмосферных осадков, выпадающих на сушу.
- ▶ Соотношение между *испарением, поверхностным стоком, инфильтрацией, подземным стоком* изменяется в зависимости от конкретных природных условий: **рельефа, температуры воздуха, растительности, водопроницаемости горных пород и др.**

- ▶ Коллекторские свойства горных пород определяются пористостью и трещиноватостью.



А - пористые породы; Б - трещиноватые породы;
 В - размеры водопроводящих трещин; Г - размеры и плотность расположения зерен в пористых породах;
 1- водонепроницаемые породы, 2- породы, насыщенные водой.

- ▶ По характеру пустот *породы - коллектора* могут быть подразделены на следующие категории:
 - ▶ 1) гранулярные или рыхлые зернистые пористые породы (пески, гравий, галечники);
 - ▶ 2) трещиноватые скальные породы - песчаники, известняки, доломиты, магматические, метаморфические породы и др.;
 - ▶ 3) трещиноватые и трещинно-карстовые породы: известняки, доломиты, гипсы, соли.
- ▶ Таким образом, подземные воды могут заполнять поры между отдельными зернами осадка, мелкие и крупные трещины, карстовые пустоты и полости.

- ▶ Общая *пористость пород* выражается отношением объема всех пор (v_p) к объему всей породы (v): $n = v_p / v$; или в процентах: $n = v_p / v \cdot 100\%$.
- ▶ Важное значение имеет также размеры пустот и их связь друг с другом.
- ▶ Пористость глин достигает 50-60%, а фактически это относительно водонепроницаемые породы, так как поры субкапиллярные (диаметр менее 0,0002 мм).

Пористость осадочных пород, а следовательно, и их водопроницаемость зависят от:

- ▶ 1) формы и расположения частиц;
- ▶ 2) степени их отсортированности;
- ▶ 3) цементации и уплотнения;
- ▶ 4) выноса (выщелачивания) растворимых веществ, сопровождающегося образованием различных карстовых полостей;
- ▶ 5) характера и степени трещиноватости и наличия разломов.

- ▶ На водопроницаемости горных пород сказывается характер сложения зерен.

Представим себе, что зерна песка имеют шаровидную форму, но их расположение различно.

В первом случае они расположены так, что их центры образуют куб, во втором - тетраэдр.

Соответственно пористость изменяется от 47,6 до 26,2%, а следовательно, изменяется и водопроницаемость.

- ▶ *Наибольшая водопроницаемость* наблюдается в **галечниках, гравии, в крупных песках, сильно закарстованных известняках и сильно трещиноватых породах** разного генезиса.
- ▶ Относительно слабая проницаемость отмечается в **тонкозернистых песках, супесях**, еще меньшая в **лёссах, легких суглинках, слаботрещиноватых породах**. Почти непроницаемыми (водоупорными) являются **глины, тяжелые суглинки, сцементированные и другие массивные породы с ничтожной трещиноватостью**.

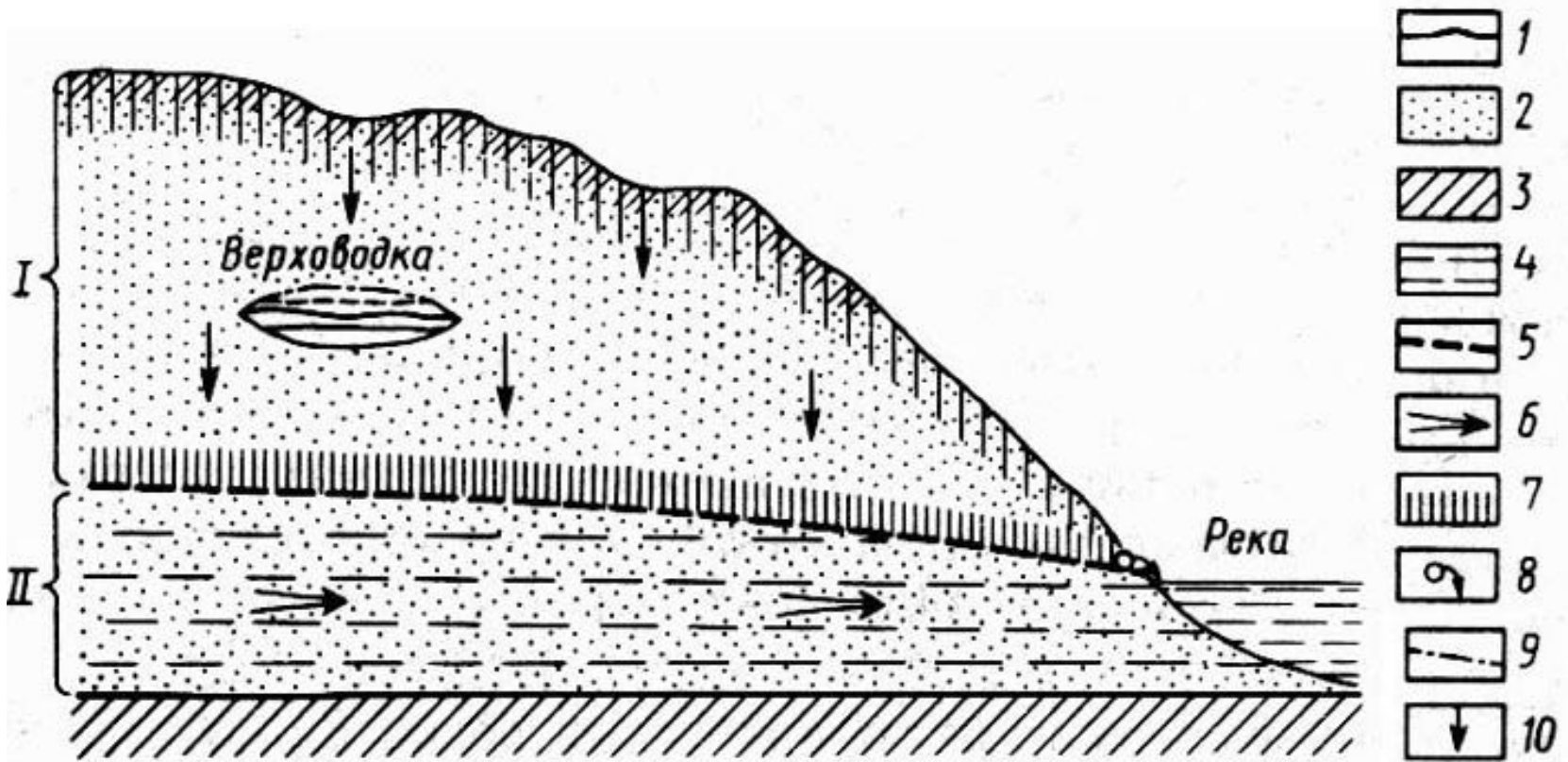
- ▶ Горные породы содержат различные виды воды.
- ▶ I. Вода в форме пара.
- ▶ II. Физически связанная вода:
 - ▶ 1) прочносвязанная (гигроскопическая) вода;
 - ▶ 2) слабосвязанная (пленочная) вода.
- ▶ III. Свободная вода:
 - ▶ 1) капиллярная вода;
 - ▶ 2) гравитационная вода.
- ▶ IV. Вода в твердом состоянии.
- ▶ V. Кристаллизационная вода и химически связанная вода.

- ▶ Вода *в форме пара* содержится в воздухе, заполняющем пустоты и трещины горных пород, свободные от жидкой воды. Парообразная вода находится в динамическом равновесии с другими видами воды и с парами атмосферы.
- ▶ *Прочносвязанная вода* образуется непосредственно на поверхности частиц горных пород в результате процессов *адсорбции молекул* воды из паров и прочно удерживается под влиянием электрокинетических и межмолекулярных сил.
- ▶ Особенно много физически связанной воды содержится в тонкодисперсных глинистых породах.

- ▶ **Слабосвязанная вода** образует на поверхности частиц как бы вторую пленку поверх прочносвязанной и может передвигаться от участков с большей толщиной пленки к участкам, где толщина меньше.
- ▶ Пленка удерживается молекулярными силами, возникающими между молекулами прочносвязанной воды и молекулами воды вновь образующейся пленки.
- ▶ По мере роста толщины пленки действие молекулярных связей уменьшается.
- ▶ Внешние слои слабосвязанной воды доступны для питания растений и могут служить средой развития микроорганизмов.
- ▶ Суммарное содержание прочно- и слабосвязанной воды образует максимальную *молекулярную влагоемкость*, которая изменяется в зависимости от состава пород (в %): для песков 5-7; супесей - 9-19; суглинков - 15-23; глин - 25-40.

- ▶ *Капиллярная вода* частично или полностью заполняет капиллярные поры и трещинки и удерживается в них силами поверхностного натяжения (капиллярных менисков). Она подразделяется на *капиллярно-разобщенную, капиллярно-подвешенную и капиллярно-поднятую*.
- ▶ Капиллярно-разобщенная вода образуется преимущественно в местах сопряжения частиц породы и суженных угловых участков пор, где прочно удерживается капиллярными силами (капиллярно-неподвижное состояние).

- ▶ Другие виды капиллярной воды способны передвигаться и передавать гидростатическое давление.
- ▶ *Капиллярно-подвешенная вода* образуется в верхней части зоны аэрации, в тонких порах и трещинках почв и песчано-глинистых пород за счет инфильтрации атмосферных осадков при влажности пород выше максимальной молекулярной влагоемкости.
- ▶ Капиллярно-подвешенная вода не доходит до уровня подземных вод. Она доступна для растений, но в засушливые годы при длительном испарении может расходоваться почти до полного исчезновения.



I- зона аэрации; II- зона насыщения

1- почвенные и капиллярно-подвешенные воды, 2- песчаные водопроницаемые породы, 3- водонепроницаемые породы, 4- грунтовые воды, 5- уровень грунтовых вод, 6- направление движения грунтовых вод, 7- капиллярно-поднятая вода, 8- нисходящий источник, 9- уровень верховодки, 10- направление инфильтрующихся вод

Капиллярно-поднятая вода располагается над уровнем первого от поверхности водоносного горизонта (грунтовых вод), где она образует так называемую капиллярную кайму. Мощность ее различна и зависит от состава горных пород; она минимальна в крупнообломочных породах (до 2-30-35 см), максимальна в суглинках и глинах (до первых метров). Количество воды в породе, соответствующее полному насыщению всех капиллярных пор, называют **капиллярной влагоемкостью**.

Гравитационная (свободная) вода образуется в породах при полном насыщении всех пор и трещин водой, что соответствует **полной влагоемкости**. Эта вода движется под воздействием силы тяжести и напорного градиента в направлении к рекам, морям и другим областям разгрузки. К гравитационной воде относят также инфильтрационную воду зоны аэрации, появляющуюся периодически во время снеготаяния, после выпадения дождей и идущую на пополнение подземных вод.

- ▶ *Вода в твердом состоянии* находится в горных породах или в виде отдельных кристаллов, или в виде линз и прослоев чистого льда.
- ▶ Образуется при сезонном промерзании водонасыщенных горных пород, но особенно широко развита в областях распространения многолетнемерзлых горных пород (в Сибири, Канаде и других районах).

- ▶ **Кристаллизационная вода** свойственна ряду минералов, где она входит в их кристаллическую решетку. Например, мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ с содержанием кристаллизационной воды до 55,9%, бишофит $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - до 53,2%, гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - до 20,9% и др.
- ▶ Кристаллизационная вода в ряде случаев может быть выделена при высоких температурах. При этом в процессе нагревания могут образовываться промежуточные соединения с меньшим содержанием воды

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

По условиям образования выделяются несколько типов подземных вод:

- ▶ 1) инфильтрационные;
- ▶ 2) конденсационные;
- ▶ 3) седиментогенные;
- ▶ 4) магматогенные, или ювенильные;
- ▶ 5) метаморфогенные, или возрожденные.

- ▶ **Инфильтрационные подземные воды** образуются из наземных вод атмосферного происхождения.
- ▶ В ряде случаев воды фильтрующиеся из рек, озер, водохранилищ, каналов.
- ▶ **Конденсационные воды** образуются в результате конденсации водяных паров воздуха в порах и трещинах горных пород.
- ▶ Конденсация водяных паров имеет существенное значение для пустынных районов с малым количеством атмосферных осадков, где периодически возникают небольшие тонкие линзы пресных конденсационных вод, налегающих на соленые воды.

- ▶ **Седиментогенные** подземные воды - это высокоминерализованные (солёные) воды в глубоких слоях осадочных горных пород.
- ▶ Происхождение связано с захоронением вод морского генезиса, сильно изменённых под влиянием давления и температуры.
 - ▶ Они могут быть образованы одновременно с морским осадконакоплением (*сингенетические*).
 - ▶ Могут быть связаны с проникновением морских вод в сформированные породы (*эпигенетические*).

Седиментогенные воды нередко называют "погребёнными", или реликтовыми.

- ▶ **Магматогенные подземные воды** (ювенильные).
- ▶ при извержении вулканов
- ▶ из магматических тел, расположенных на глубине.
- ▶ В процессе кристаллизации магмы и образования магматических пород вода отжимается, по разломам и тектоническим трещинам поднимается вверх, поступает в земную кору и местами выходит на поверхность.
- ▶ Количество магматогенных вод незначительно.

- ▶ **Метаморфогенные** подземные воды (возрожденные)
- ▶ образуются при метаморфизме минеральных масс, содержащих кристаллизационную воду или газово-жидкие включения.
- ▶ Под влиянием температуры и давления происходят процессы дегидратации.

▶ КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

1) зона аэрации

- ▶ почвенные воды и верховодка

2) зона насыщения

- ▶ 1) грунтовые;
- ▶ 2) межпластовые безнапорные;
- ▶ 3) межпластовые напорные (артезианские)

Почвенные воды распространены в почвенном слое близ поверхности Земли.

- ▶ формирование связано с процессами инфильтрации атмосферных осадков, талых вод и конденсации атмосферной влаги.
- ▶ Вид и состояние почвенных вод определяют три основных фактора:
 - ▶ общая увлажненность почвы,
 - ▶ мощность зоны аэрации
 - ▶ структурно-текстурные особенности почвы.
- ▶ подвешенные капиллярные воды, заполняющие межзерновые пространства (десятки сантиметров).
- ▶ В случае неглубокого залегания грунтовых вод возможно питание почв снизу за счет капиллярно-поднятой воды.

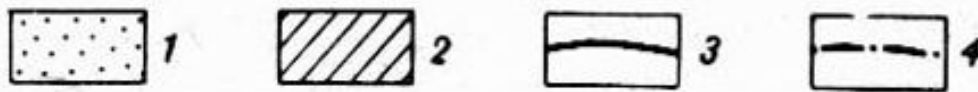
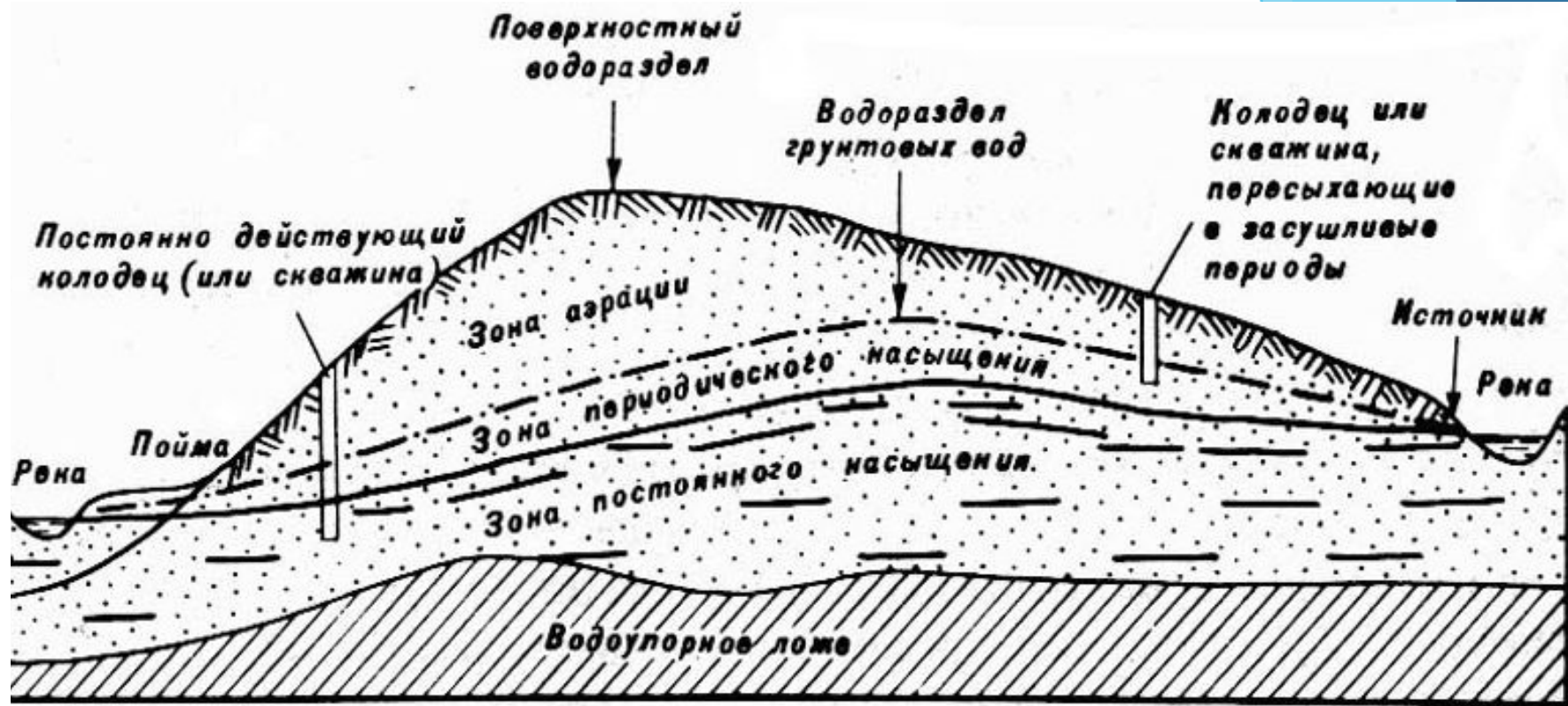
Верховодка: инфильтрующаяся вода встречает на своем пути линзы водонепроницаемых пород. Обычно образуются на сравнительно небольшой глубине и имеют ограниченное по площади распространение.

Мощность пород, насыщенных верховодкой, чаще всего бывает до 1 м, редко достигает 2-5 м. В засушливые годы мощность и количество воды верховодки уменьшаются, а иногда она совсем иссякает.

- ▶ Под **грунтовыми водами** понимают свободные (гравитационные) воды первого от поверхности Земли стабильного водоносного горизонта
- ▶ заключенного в рыхлых отложениях или верхней трещиноватой части коренных пород, залегающего на первом от поверхности, выдержанном по площади водоупорном слое.
- ▶ Область питания совпадает с областью распространения водопроницаемых пород.
- ▶ Верхняя граница зоны насыщения называется *уровнем* или *зеркалом грунтовых вод*.
- ▶ Порода, насыщенная водой, называется *водоносным горизонтом*,

- ▶ Грунтовые воды безнапорные со свободной поверхностью.
- ▶ Уровень воды в буровых скважинах и колодцах устанавливается на высоте, соответствующей верхней границе их свободной поверхности.
- ▶ Выше уровня грунтовых вод располагается капиллярная кайма.

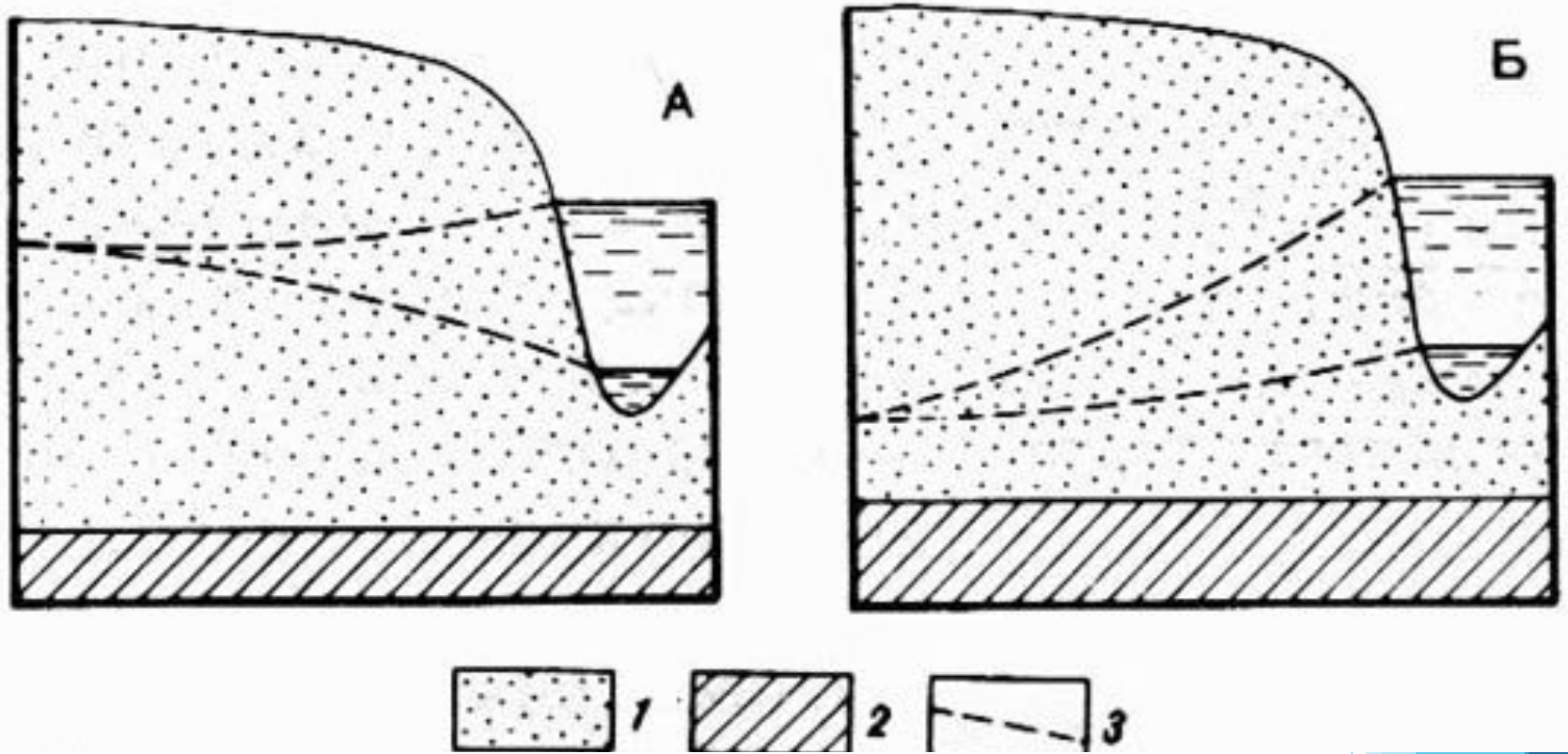
- ▶ Движение грунтовых вод подчиняется силе тяжести и осуществляется в виде потоков по сообщающимся порам или трещинам.
- ▶ Зеркало грунтовых вод до известной степени повторяет рельеф поверхности, и грунтовые потоки движутся от повышенных участков (начиная от водораздела грунтовых вод) к пониженным участкам (оврагам, рекам, озерам, морям), где происходит их разгрузка в виде *нисходящих источников* (родников) или скрытым субаквальным рассредоточенным способом (например, под водами русел рек, дном озер и морей).
- ▶ Такие области называются *областями разгрузки* или *дренирования*.



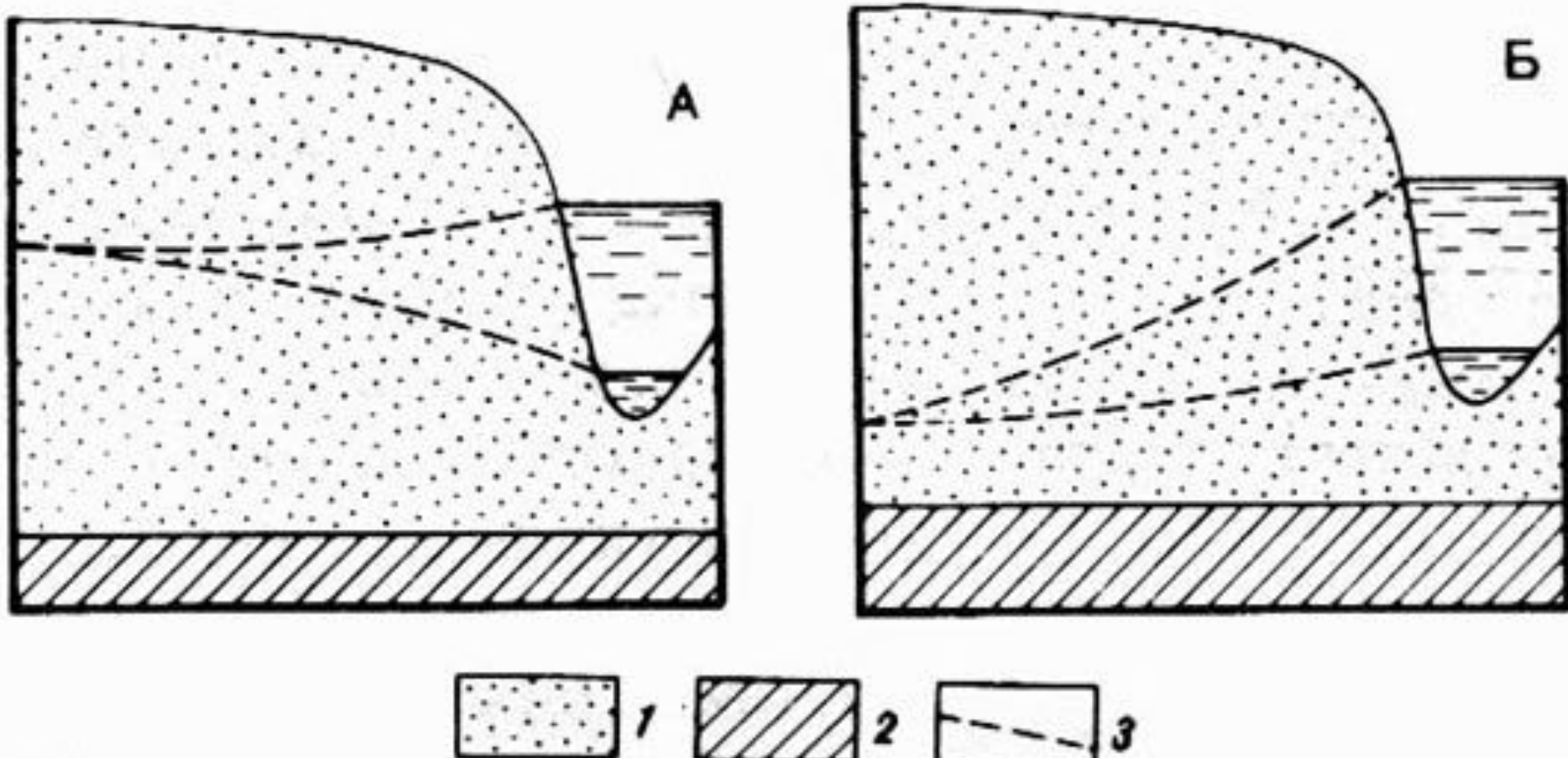
1-песок, 2-суглинок, 3-минимальный уровень грунтовых вод, 4- максимальный уровень грунтовых вод

- ▶ Течение грунтовой воды называется *фильтрацией*. Она зависит от наклона зеркала грунтовых вод или от напорного градиента, а также от водопроницаемости горных пород.
- ▶ Движение грунтовых вод через относительно мелкие поры и неширокие трещины происходит в виде отдельных струек и называется *ламинарным*
- ▶ в галечниках, в сильно трещиноватых и закарстованных породах приобретает местами *турбулентный* характер.
- ▶ Скорость движения воды в песках от 0,5 до 1-5 м/сут, в галечниках значительно увеличивается. Особенно большая скорость потока грунтовых вод местами наблюдается в крупных подземных карстовых каналах и пещерах.

- ▶ Зеркало грунтовых вод, количество и качество вод изменяются во времени.
- ▶ Это тесно связано с меняющимся количеством инфильтрующихся атмосферных осадков.
- ▶ В результате периодически появляется *зона переменного насыщения*
- ▶ Вместе с колебанием уровня грунтовых вод изменяется *дебит* источников, а иногда и химический состав



Различные случаи соотношения речных и грунтовых вод.
 А - уровень грунтового потока наклонен к реке (обратное соотношение в период половодья); Б - уровень грунтовых вод наклонен от реки (питание происходит за счет инфильтрации речных вод); 1- водопроницаемая порода; 2- водонепроницаемая порода; 3- уровень подземных вод

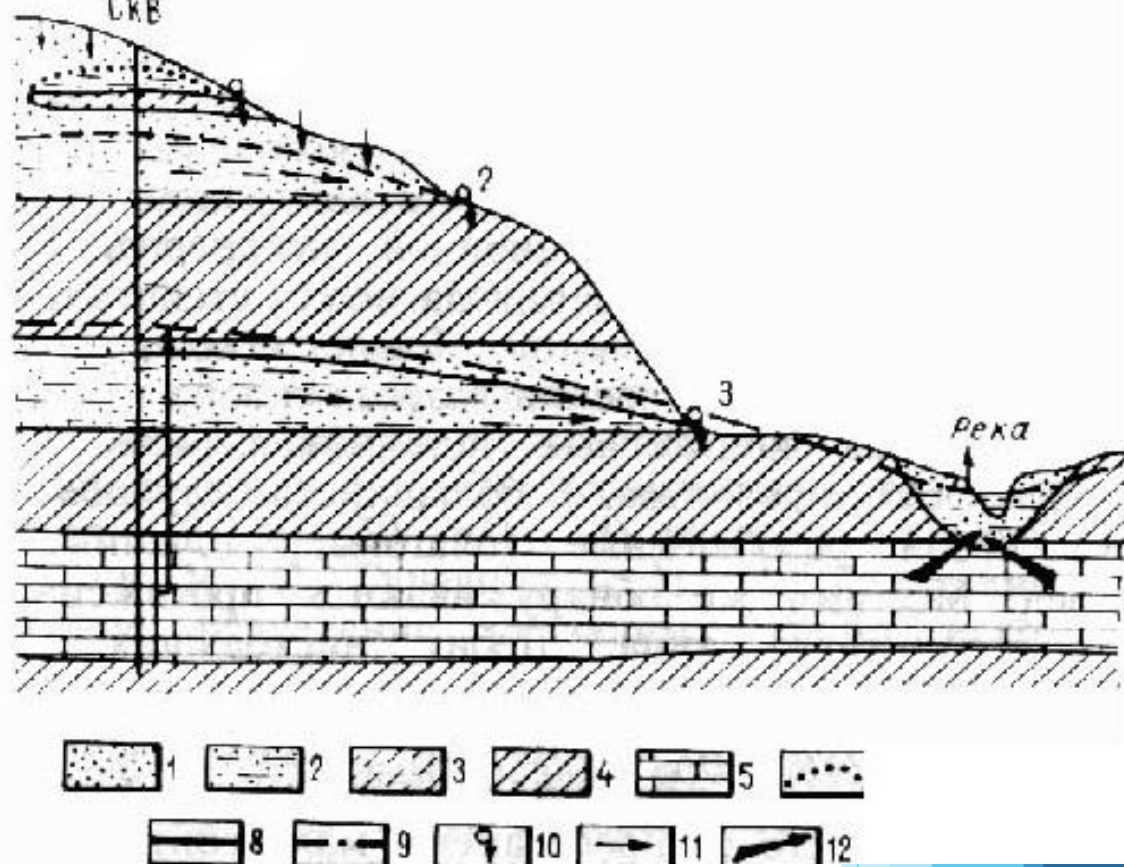


В районах с влажным климатом реки, как правило, дренируют подземные воды, уровень которых имеет наклон к реке, но во время половодья и паводков происходит отток воды из реки и повышение уровня грунтовых вод

В районах с аридным климатом, где количество атмосферных осадков мало, уровень грунтовых вод нередко понижается от реки

водопроницаемые
породы сверху и снизу
ограничены
водонепроницаемыми
пластами.

Обычно встречаются на
приподнятых
междуречных массивах
в условиях
расчлененного рельефа
и выходят в виде
нисходящих источников
в береговых склонах
оврагов, рек и других
поверхностных
водоемов



Межпластовые ненапорные воды

▶ **НАПОРНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ**

- ▶ подземные воды, находящиеся в водоносных горизонтах, перекрытых и подстилаемых водоупорными (или относительно водоупорными) слоями и обладающие гидростатическим напором.
- ▶ располагаются на больших пространствах и глубинах вне сферы воздействия местных дрен (рек, оврагов и др.).
- ▶ Бывают артезианские бассейны и артезианские склоны

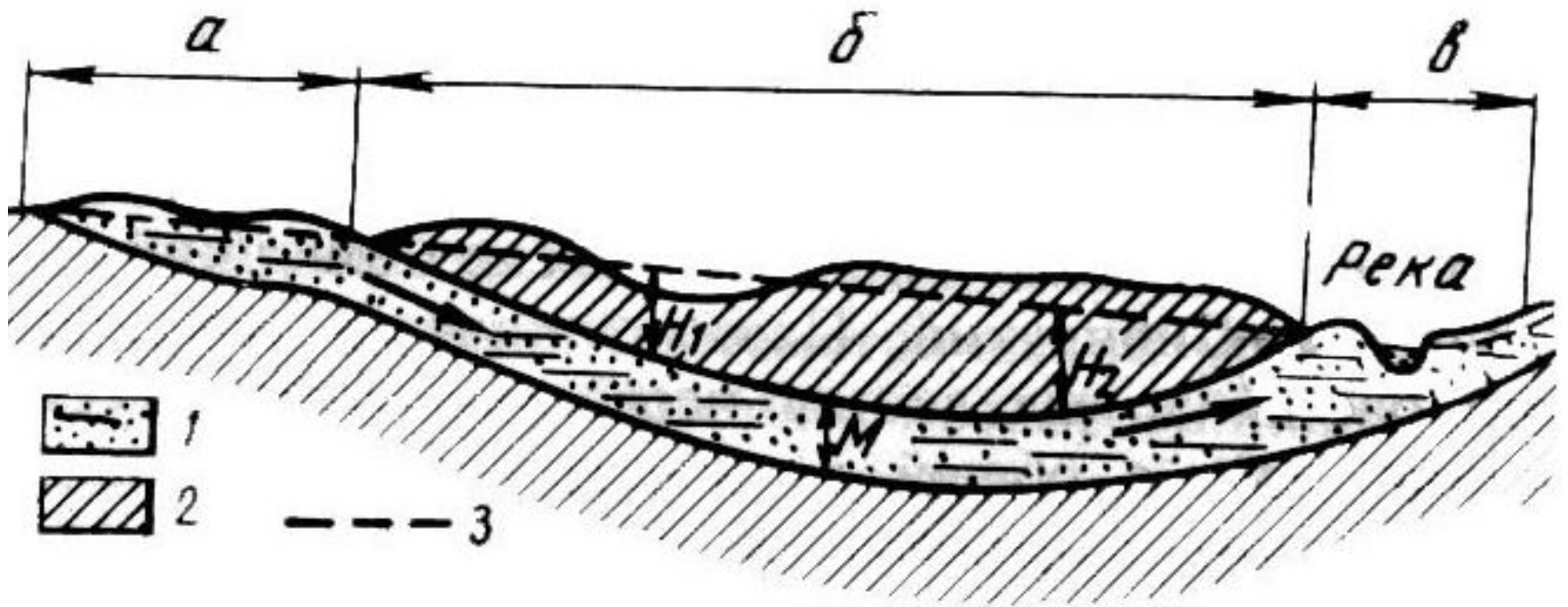
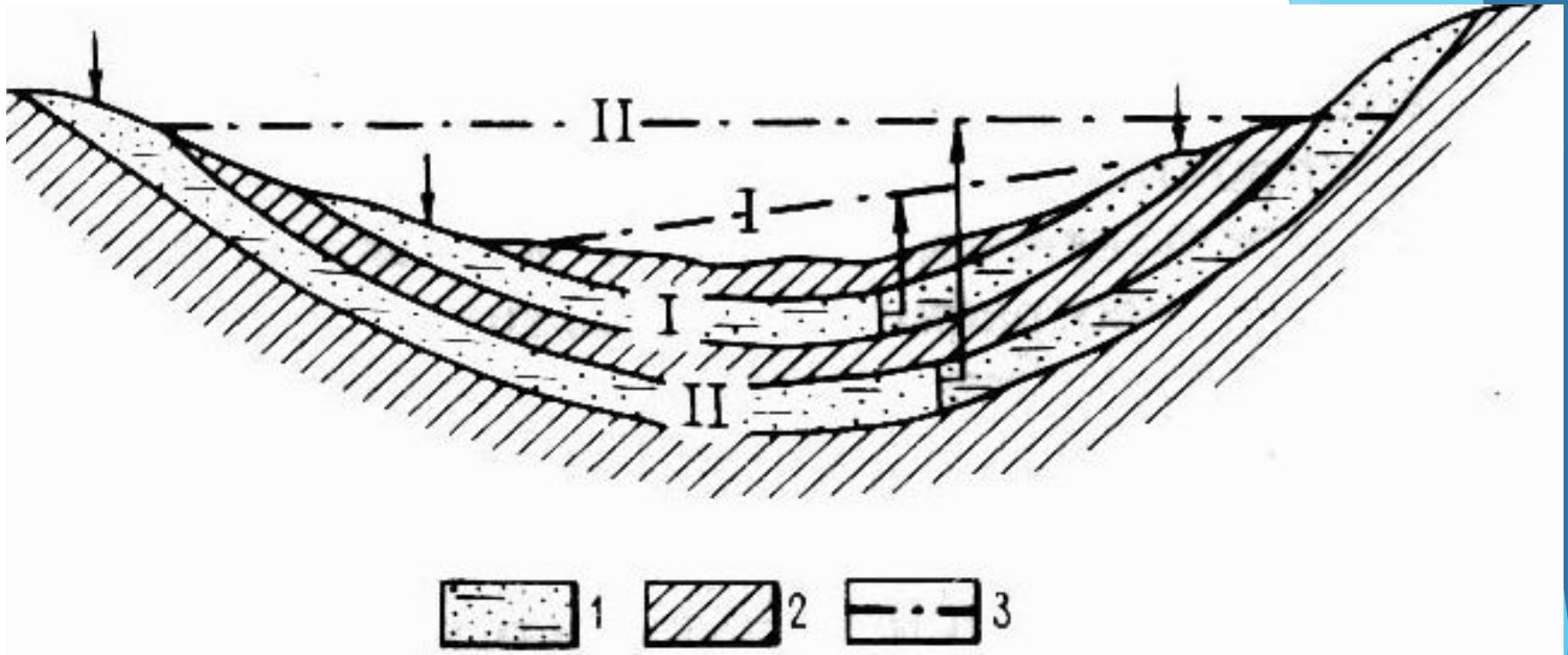


Схема артезианского бассейна при мульдообразном залегании пород a - область питания; $б$ - область напора; $в$ - область разгрузки; H_1, H_2 - величина напора; 1-водоносный горизонт, 2- водоупорные породы, 3- пьезометрический уровень напорных вод

- ▶ Уровень напорных вод называют *пьезометрическим* (греч. "пьеzo" - давлению) и всегда выражается в абсолютных отметках, а величина напора - в метрах.
- ▶ Пьезометрическая поверхность напорного водоносного горизонта изображается обычно на специальных картах гидроизопьез.

- ▶ Размеры многих артезианских бассейнов, приуроченных прогибам и впадинам, колеблются от сотен км² до сотен тысяч км².
- ▶ Такие бассейны содержат значительные запасы воды хорошего качества и широко используются для водоснабжения.
- ▶ Особенно большие площади занимают артезианские бассейны платформенных областей. В разрезе каждого артезианского бассейна выделяется несколько напорных водоносных горизонтов с общей мощностью водовмещающих пород, превышающей сотни, а иногда и тысячи метров



Тип артезианского бассейна с верхним (I) и нижним (II) водоносными горизонтами 1- водоносные породы, 2- водоупорные породы, 3- пьезометрический уровень

▶ Своеобразный *артезианский бассейн* формируется местами при моноклиналином залегании водоносного горизонта, когда водопроницаемые породы выклиниваются по мере погружения или же фациально замещаются водонепроницаемыми породами. Такой бассейн назван **артезианским склоном**. Такие бассейны встречаются в краевых частях предгорных прогибов и на склонах впадин на платформах.

- ▶ *Режим артезианских вод* по сравнению с режимом грунтовых является более стабильным;
- ▶ пьезометрический уровень мало подвержен сезонным колебаниям; хорошая изолированность от природных и искусственных воздействий с поверхности Земли обеспечивает чистоту воды напорных водоносных горизонтов.

Разгрузка (дренаж) различных типов подземных вод

- ▶ *нисходящие источники* связаны с подземными водами со свободной поверхностью - верховодками, грунтовыми и безнапорными межпластовыми водами.
- ▶ Подавляющее большинство нисходящих источников грунтовых вод связано с эрозионными врезами долин. Такие источники чаще всего располагаются в основании склонов долины или на ее дне и называются *эрозионными источниками*.

- ▶ В случае фильтрационной неоднородности пород, слагающих склоны оврагов, рек, озер, вода может стекать по контакту водоупорного и водоносного пластов. Такие источники называют *контактными*.
- ▶ Местами обнаруживаются протяженные линии выхода вод контактного типа.

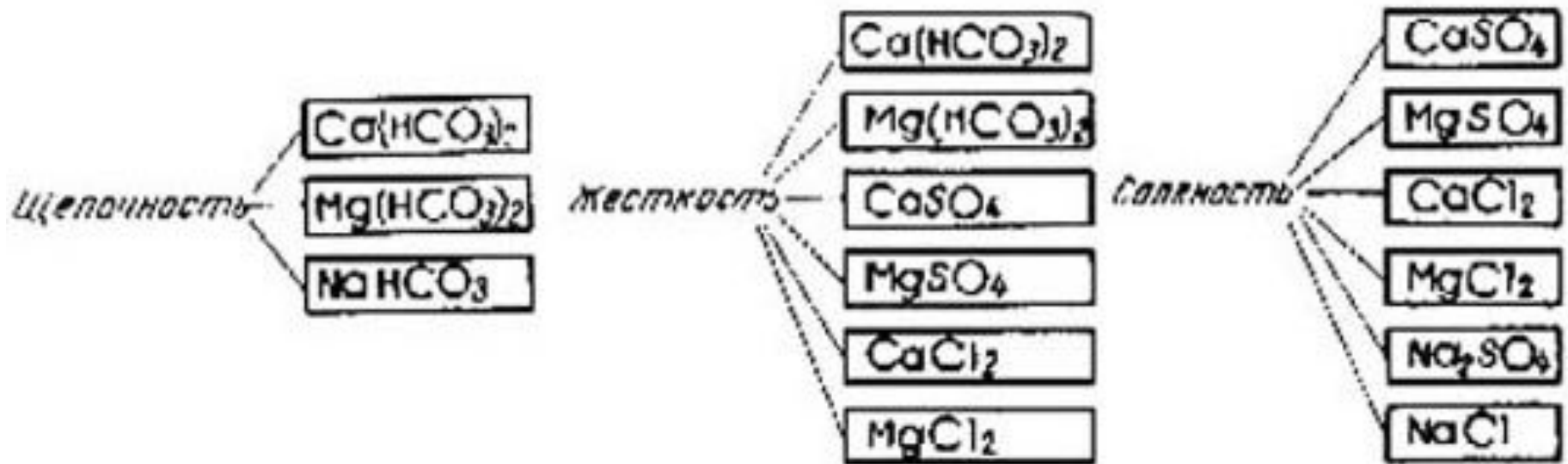
- ▶ Дебит нисходящих источников грунтовых вод испытывает сезонные изменения.
- ▶ Соответственно изменяются уровни грунтовых вод.

- ▶ *Восходящие источники* обязаны своим происхождением гидростатическому напору. Их выходы приурочены к основным краевым областям разгрузки артезианских бассейнов
- ▶ Это могут быть эрозионные источники напорных вод или источники, пробивающиеся через относительно, слабо проницаемые отложения, перекрывающие водоносный горизонт
- ▶ зафиксированы *восходящие субмаринные источники* подземных вод.

▶ ОБЩАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

- ▶ *Общую минерализацию* подземных вод составляет сумма растворенных в них веществ. Она обычно выражается в г/л или мг/л.
- ▶ Формирование химического состава и общей минерализации подземных вод связано с
 - ▶ 1) условиями их происхождения;
 - ▶ 2) взаимодействием с горными породами, по которым движется подземная вода, и условиями водообмена.

- ▶ Обычно выделяются четыре группы подземных вод:
- ▶ 1) пресные - с общей минерализацией до 1 г/л;
- ▶ 2) солоноватые - от 1 до 10 г/л;
- ▶ 3) соленые - от 10 до 50 г/л;
- ▶ 4) рассолы - свыше 50 г/л.
- ▶ Отнесение к пресным водам обусловлено нормами ГОСТа.
- ▶ Солоноватые воды могут использоваться для нецентрализованного водоснабжения, орошения;
- ▶ соленые - в качестве минеральных (лечебных) вод.



Основной химический состав подземных вод определяется содержанием трех анионов - HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- и трех катионов - Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ .

Соотношение этих шести элементов определяет основные свойства подземных вод - **щелочность, соленость и жесткость**

По анионам выделяют три типа вод:

1) гидрокарбонатные;

2) сульфатные;

3) хлоридные и

ряд промежуточных - гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатно-хлоридные, хлоридно-сульфатные и более сложного состава.

По соотношению с катионами они могут быть кальциевыми или магниевыми, или натриевыми, или смешанными кальциево-магниевыми, кальциево-магниево-натриевыми и др.

- ▶ При характеристике гидрохимических типов на первое место ставится преобладающий анион.
- ▶ Так, например, пресные воды в большинстве случаев гидрокарбонатно-кальциевые или гидрокарбонатно-кальциево-магниевые,
- ▶ а солоноватые - могут быть сульфатно-кальциево-магниевыми

- ▶ В артезианских бассейнах наблюдается *вертикальная гидрогеохимическая зональность*, связанная с различными гидродинамическими особенностями:
- ▶ 1) **верхняя зона** - интенсивного водообмена;
- ▶ 2) **средняя** - замедленного водообмена;
- ▶ 3) **самая нижняя** (наиболее глубокая) - весьма замедленного водообмена.

- ▶ В глубоких водоносных горизонтах с высокой минерализацией, помимо основных анионов и катионов, нередко содержатся йод, бром, бор, стронций, литий, радиоактивные элементы.
- ▶ Особенно большое количество йода, брома и бора встречается в хлоридно-кальциевых водах нефтяных и газовых месторождений, где они местами извлекаются в промышленных количествах.

- ▶ Отмечается *широтная зональность грунтовых вод*, связанная с изменениями климатических условий и степени расчлененности рельефа при движении с севера на юг.
- ▶ на территории России две зоны.
- ▶ 1. Зона вод выщелачивания (и выноса солей), приуроченная к гумидным областям.
- ▶ 2. Зона вод континентального засоления, приуроченная к аридным (засушливым) областям.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ

- ▶ *Минеральными* называются подземные воды, обладающие **биологически активными свойствами**, оказывающими физиологическое воздействие на организм человека и используемые в лечебных целях.
- ▶ Воды могут быть различны по температуре, минерализации и содержанию целебных химических компонентов.
- ▶ По составу, свойствам и лечебному значению различают несколько групп минеральных вод. Из них наиболее известны и широко используются **углекислые, сероводородные и радиоактивные** воды.

- ▶ *Углекислые* минеральные воды, постоянно газифицируемые углекислотой:
- ▶ 1) холодные углекислые воды, распространенные на курортах Кисловодска (нарзаны) и др.;
- ▶ 2) горячие углекислые воды (Т - 37-40°C, местами 70°C и выше) типа Славянской (Железноводск), Карловы Вары (ЧСФР) и др.
- ▶ Многие крупные источники углекислых вод тяготеют к районам, где развиты молодые интрузивные магматические тела. Вероятно большое количество CO_2 образуется в контактных зонах интрузивов и карбонатных пород.

- ▶ **Сероводородные** минеральные воды.
- ▶ **Воды с азотом** формируются в условиях сочетания торфяных отложений и неглубоко залегающих гипсоносных пород, из которых поступают сульфатно-кальциевые воды. В торфяниках происходит процесс восстановления сульфатов и образование сероводорода.
- ▶ **Воды с метаном** формируются в восстановительной обстановке в глубоких частях артезианских бассейнов, будучи связаны с битуминозными и нефтеносными отложениями.
- ▶ В районах современной вулканической деятельности (Курильские острова, Камчатка и др.) и молодых магматических интрузий (Пятигорск, Ессентуки) развиты углекислые сероводородные воды.

- ▶ *Радиоактивные* минеральные воды отличаются повышенным содержанием радиоактивных элементов. Для лечебных целей широко используются радоновые воды.
- ▶ К особой категории относятся месторождения *гипертермальных вод* (до 100° С и выше) в районах современного вулканизма.
- ▶ На базе таких месторождений работают геотермальные электростанции, организуется теплоснабжение населенных пунктов и парниково-тепличных хозяйств.