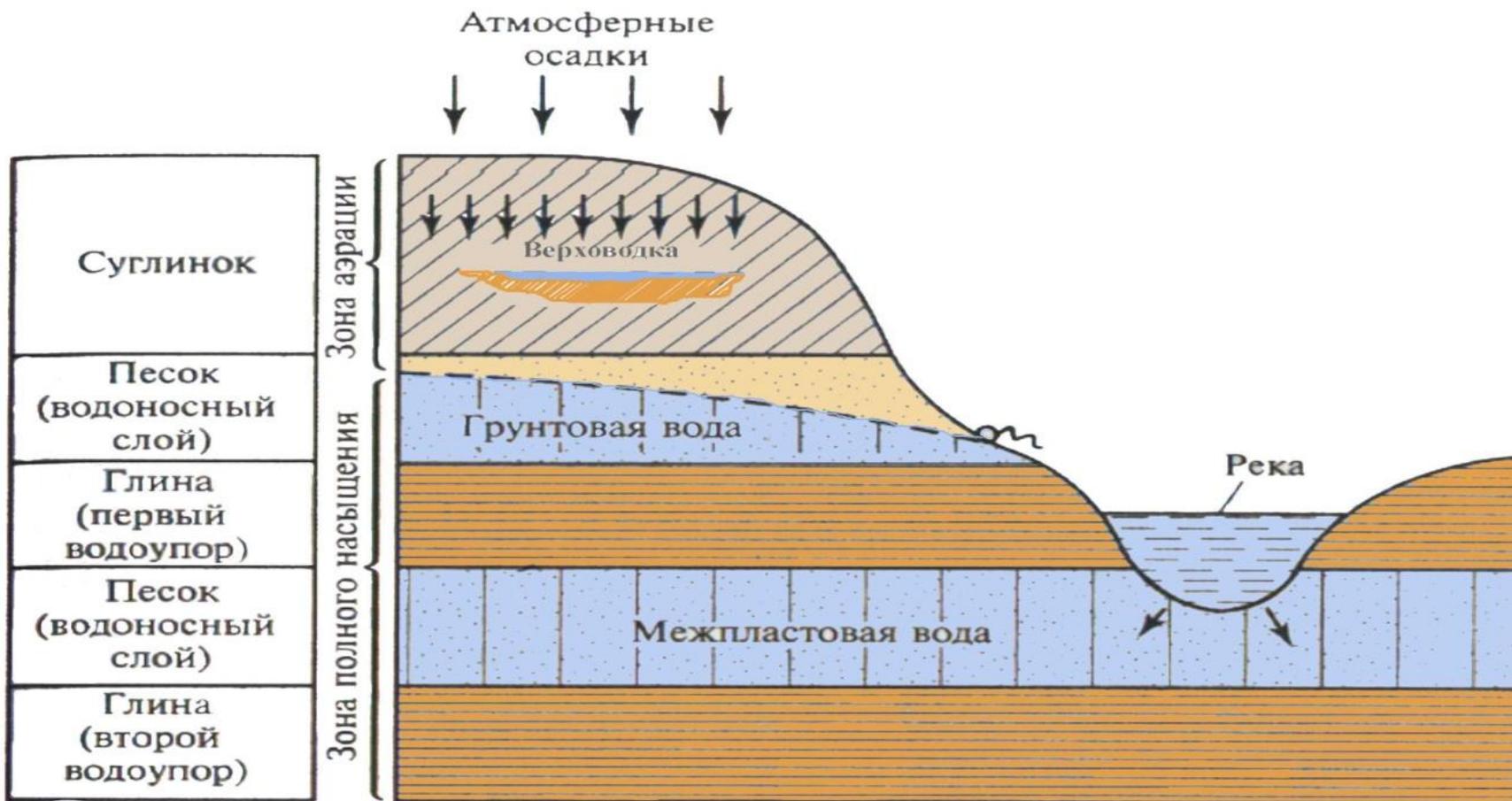


## Классификация подземных вод по гидравлическому признаку и условиям залегания

В 30-х годах 20 века академик Саваренский предложил классификацию подземных вод по гидравлическому признаку и условиям залегания. Эта классификация является наиболее распространенной в инженерной практике. Согласно ей все подземные воды по гидравлическому признаку подразделяют на напорные, безнапорные и напорно-безнапорные. Безнапорные, в свою очередь, подразделяют по условиям залегания на верховодку, грунтовые воды и межпластовые безнапорные. Напорно-безнапорные делятся на трещинные и карстовые.

К безнапорным подземным водам относятся все подземные воды, имеющие над своим уровнем свободную поверхность. Они не обладают напором. Передвигаются безнапорные воды от участков, где уровень воды выше к участкам, где он ниже. При выходе на дневную поверхность (долины рек, стенки оврагов) безнапорные подземные воды образуют безнапорные нисходящие источники.



Классификация подземных вод по условиям в земной коре

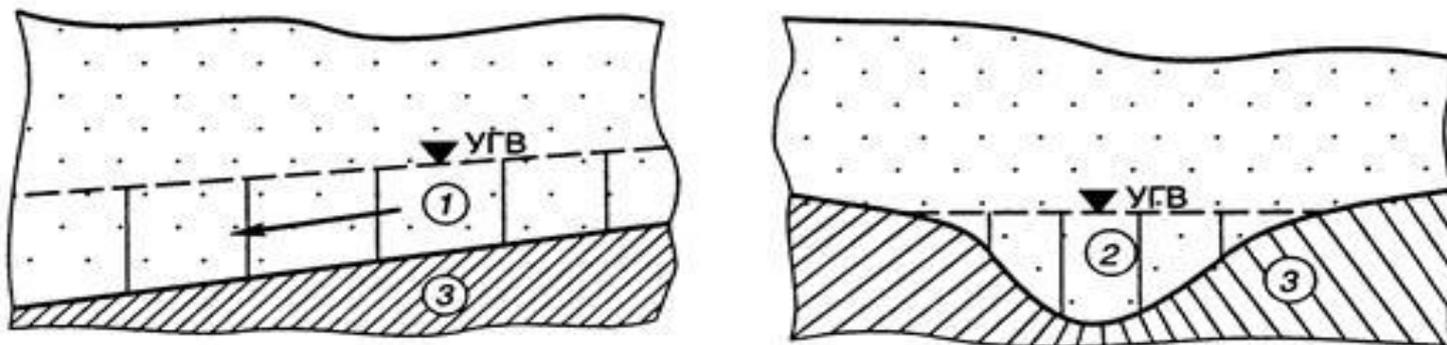
Верховодка – это временное скопление подземных вод у наиболее приповерхностной части Земли над водоупором, незначительным по мощности и протяженности. В качестве незначительного по мощности и протяженности водоупора обычно служат линзы глин и суглинков в песке. Образуется верховодка весной или осенью, в момент интенсивного снеготаяния или во время сильных дождей.

В летне-зимний период верховодка исчезает, т.е. испаряется через поверхность Земли или просачивается в нижележащие водоносные горизонты через гидравлические окна.

Грунтовые воды – это постоянные во времени и значительные по площади горизонты подземных вод, залегающие на первом от поверхности земли региональном водоупоре. Грунтовые воды имеют свободную поверхность, т.е. сверху они не перекрыты водоупорными слоями. Свободная поверхность грунтовых вод называется зеркалом. Водоупор, на котором лежит водоносный слой, называют ложем, а расстояние от водоупора до уровня подземных вод – мощностью водоносного слоя. Питаются грунтовые воды преимущественно за счет атмосферных

Питаются грунтовые воды преимущественно за счет атмосферных осадков, которые инфильтруются на уровень грунтовых вод. Значительная часть грунтовых вод питается за счет паводковых вод в весенний период. Некоторое количество воды поступает в грунтовые воды из нижележащих напорных водоносных горизонтов через гидравлические окна. Область питания грунтовых вод обычно совпадает с областью их распространения, т.к. нет верхнего водоупора. Разгрузка грунтовых вод осуществляется в местные базисы эрозии (реки, овраги, балки) и в нижележащие безнапорные водоносные горизонты через гидравлические окна.

Различают два основных случая залегания грунтовых вод: грунтовый поток и грунтовый бассейн. При наклонном залегании водоупора и возможного движения по нему грунтовых вод образуется грунтовый поток. Если грунтовые воды заполняют некоторое замкнутое понижение в рельефе водоупорного ложа и не имеют определенного течения – грунтовый бассейн.



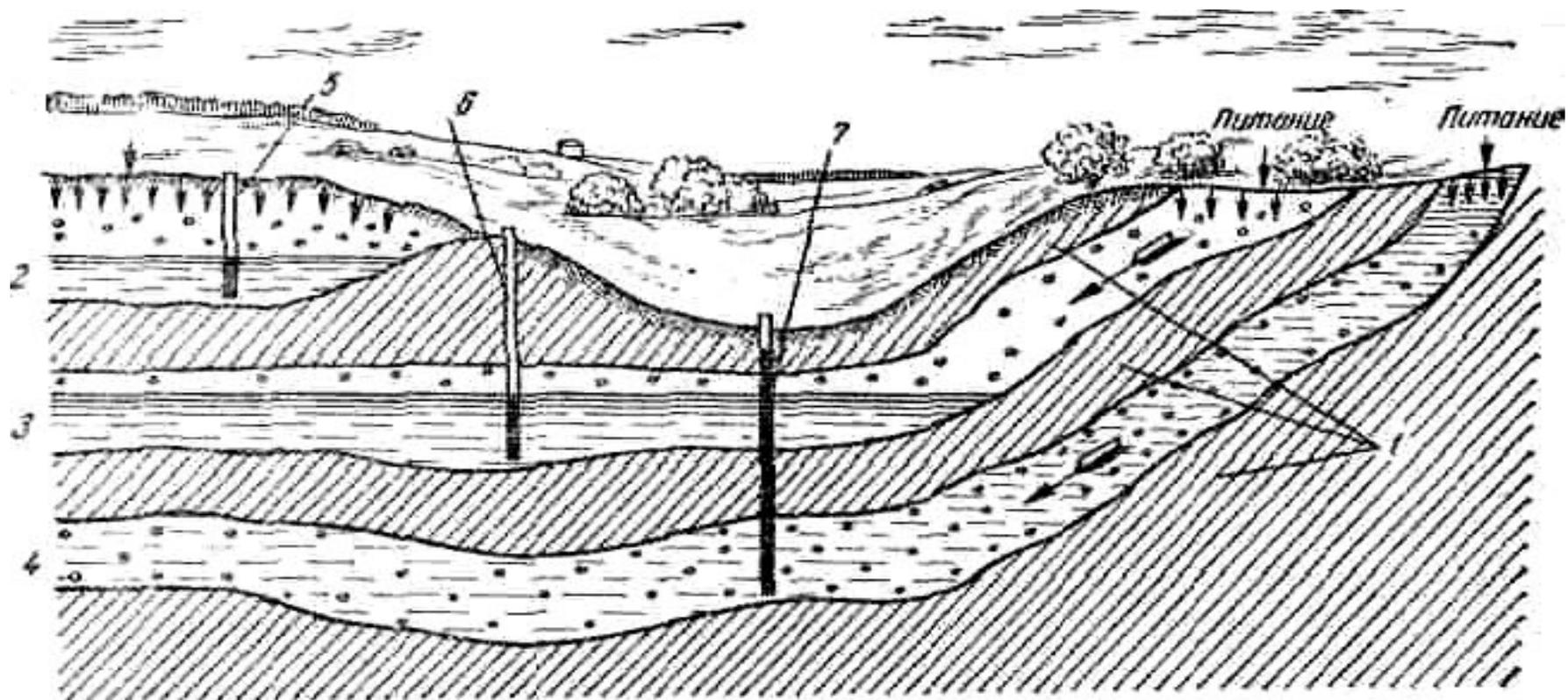
1 – грунтовый поток; 2 – грунтовый бассейн; 3 – водоупор

Грунтовые воды имеют повсеместное распространение. Количество, качество и глубина залегания зависят от геологических условий местности и климатических факторов. Однако, они редко используют для целей питьевого водоснабжения, ввиду того, что нередко бывают, загрязнены в химическом и бактериологическом отношении. т.к. нет верхнего защитного водоупорного слоя (особенно в районах крупных промышленных центров).

Межпластовые безнапорные подземные воды – это воды, залегающие между двумя водоупорными пластами и не заполняющие всей мощности водопроницающих пород, т.е. имеющие над своим уровнем свободную поверхность. Область питания межпластовых безнапорных подземных вод не совпадает с областью их распространения, т.к. имеется верхний водоупор, не пропускающий воду. Питание этих вод осуществляется вне пределов их распространения, там, где верхний водоупор выклинивается или за счет подтока воды из нижележащего напорного водоносного горизонта через гидравлические окна.

Разгрузка осуществляется в пониженные участки рельефа (долины рек, овраги) или в нижележащий безнапорный водоносный горизонт через гидравлические окна. Воды этого типа обычно имеют хорошее качество, но используется редко, т.к. этот случай залегания безнапорных вод встречается редко.

К напорным водам относят все подземные воды, которые на значительных площадях залегают между двумя водонепроницаемыми пластами и заполняют всю мощность водопроницаемых пород. Т.е. напорные воды не имеют свободную поверхность. Возникновение напора объясняется залеганием водоносных слоев в виде синклиналей (форма залегания горных пород, представляющая собой складку пластов горных пород, обращенную выпуклостью вниз) или моноклиналией. Напорные воды часто называются артезианскими. При вскрытии напорных вод скважинами, вода поднимается выше кровли водоносного горизонта и образует поверхность, которая называется пьезометрическим уровнем или уровнем равных напоров. Другими словами, пьезометрический уровень – это условная линия, соединяющая область питания и область разгрузки.

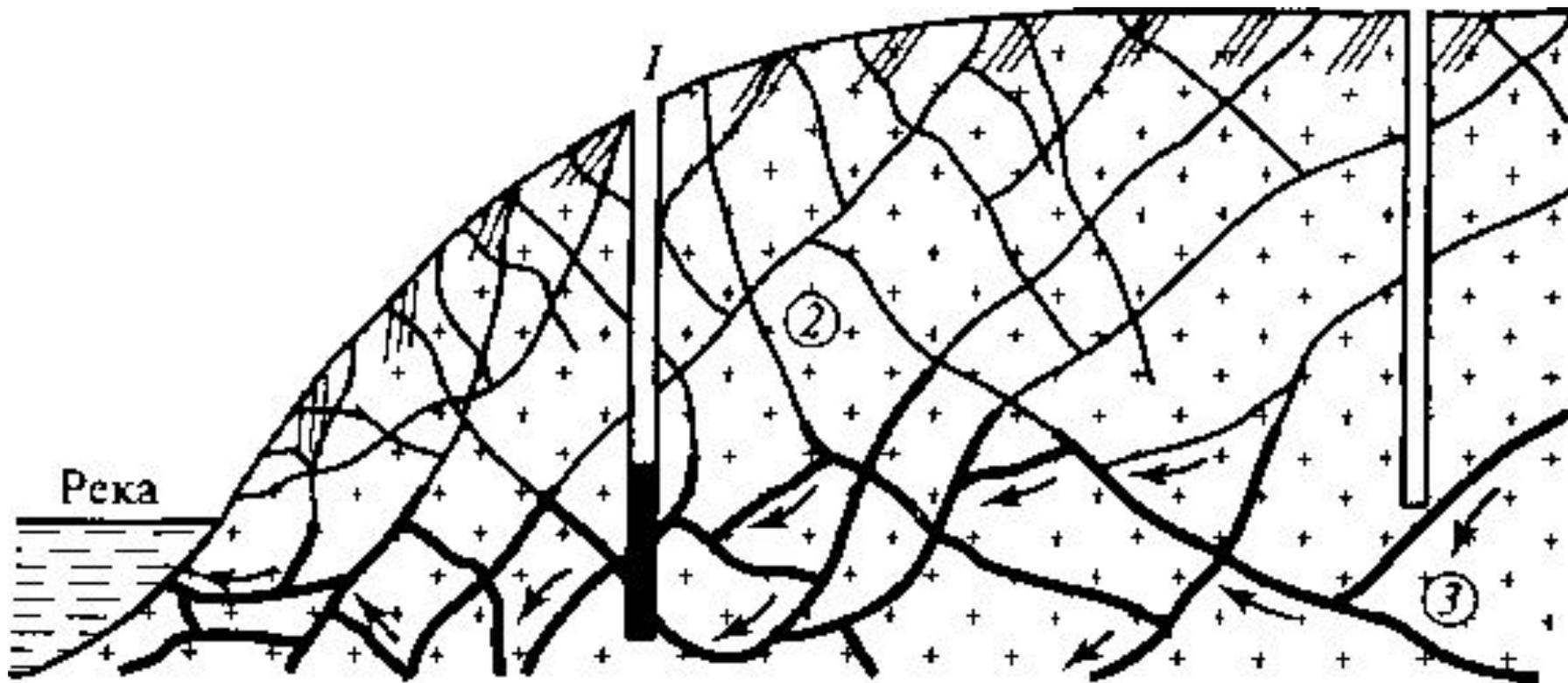


1 – водоупорные слои; 2- водоносный горизонт грунтовых вод; 3 - водоносный горизонт межпластовых безнапорных вод; 4 - межпластовые напорные (артезианские) воды; 5 – колодец, питающийся межпластовой безнапорной водой; 6, 7 – артезианская скважина.

Питание артезианских вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков в области питания, а также за счет перетока из напорных нижележащих водоносных горизонтов через гидравлические окна. Разгрузка осуществляется в области разгрузки или в понижениях рельефа (при этом образуются восходящие источники). Область распространения и область их питания артезианских вод не совпадают.

При использовании артезианских вод для водоснабжения наиболее перспективными считаются самые верхние напорные горизонты, где обычно залегают слабоминерализованные (пресные) воды. Химический состав и минерализация артезианских вод изменяются с глубиной.

Напорно-безнапорные подземные воды – это все воды, которые в одном сечении имеют напор, а в другом нет. К этим водам относят трещинные и карстовые воды. Трещинные воды – это воды находящиеся в трещинах тектонического происхождения. Вода обычно находится в трещинах магматических и метаморфических пород. На участках, где трещина полностью заполнена водой, вода является напорной. На участке, где происходит резкое расширение трещины, вода принимает безнапорный характер. Эти трещины выражены по простиранию. Стенки трещин прямые и обрывистые.



1 — скважины; 2 — трещины в скальных породах; 3 — трещины, заполненные водой

В зависимости от условий залегания трещинные воды могут быть грунтовыми, межпластовыми и жильными. Как правило, это воды хорошего качества для хозяйственно-бытового водоснабжения.

Карстовые воды – это воды, которые находятся в трещинах карстового происхождения, т.е. в трещинах, которые образовались в результате растворения горных пород. Эти трещины извилисты и не выдержаны по простиранию. Стенки трещин шероховатые. Вода характеризуется высокой жесткостью и минерализацией, поэтому не используется в хозяйственно-бытовом водоснабжении.

- **ТИПЫ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАХВАТА ПОДЗЕМНЫХ ВОД**
- *Устройство водозаборных узлов и их отдельных элементов и состав сооружений для приема подземных вод зависят от:*
  - *условий залегания;*
  - *мощности;*
  - *водообильности;*
  - *глубины залегания;*
  - *геологического строения водоносных горизонтов;*
  - *гидравлических характеристик потока (его напора, скорости, направления движения, связи с другими водоносными пластами, связи с другими водоносными пластами, массивами и поверхностными водами);*
  - *санитарного состояния территории;*
  - *необходимости в искусственном восполнении запасов подземных вод и его конструктивного решения;*
  - *наличия водоносных пластов, содержащих воду неудовлетворительного качества, намечаемой производительности и технико-экономических*

*В зависимости от конкретных условий для приема подземных вод могут применяться сооружения следующих типов:*

- 1. вертикальный водозабор  
(скважина или шахтный колодец);*
- 2. горизонтальный водозабор;*
- 3. комбинированный водозабор;*
- 4. лучевой водозабор;*
- 5. каптажи.*

**Скважины** - вертикальный водозабор, является наиболее распространенным сооружением для захвата подземных вод в различных условиях. Глубина скважины определяется глубиной залегания и мощностью водоносного горизонта и может лежать в пределах от 5 до 1000 м. Обычно, для водоснабжения используют скважины глубиной до 150 м, реже до 300 м, совсем редко до 800 м и более.

**Шахтные колодцы** - вертикальный водозабор, применяется, как правило, во-первых, от поверхности безнапорных водоносных горизонтов (грунтовые воды, верховодка), сложенных рыхлыми породами (песками, галечниками), мощностью не более 10 м. Применяются для забора безнапорных вод при ограниченной глубине их залегания до 20...40 м, исходя из параметров машин для изготовления колодцев. Бывают любой формы.

**Горизонтальные водозаборы** - дрены, галереи, штольни - устраиваются для захвата воды из безнапорных пластов при их мощности до 8 м. Преимущественно располагают их вблизи

**Комбинированные водозаборы** состоят из горизонтальных дрен (галерей, штолен) с системой, соединенных с ними, вертикальных скважин. Сооружения такого типа целесообразно применять при наличии, наряду с основным каптируемым водоносным горизонтом, более глубоких напорных вод.

**Лучевые водозаборы** - представляют собой водонепроницаемые шахтные колодцы с расходящимися из них горизонтальными лучами скважинами. Лучевые водозаборы устраивают при глубине залегания водоносных пластов для 15 - 20м и их мощности не более 20м. Шахтные колодцы в этом случае служат для сбора воды из горизонтальных скважин.

**Каптажи источников (родников)** устраиваются в виде сборных камер или не глубоких колодцев и применяются для захвата подземных вод при концентрированном их выходе на поверхность в виде восходящих или нисходящих родников.

# Типовые конструкции скважин на воду

Конструкция скважин должна отвечать следующим требованиям:

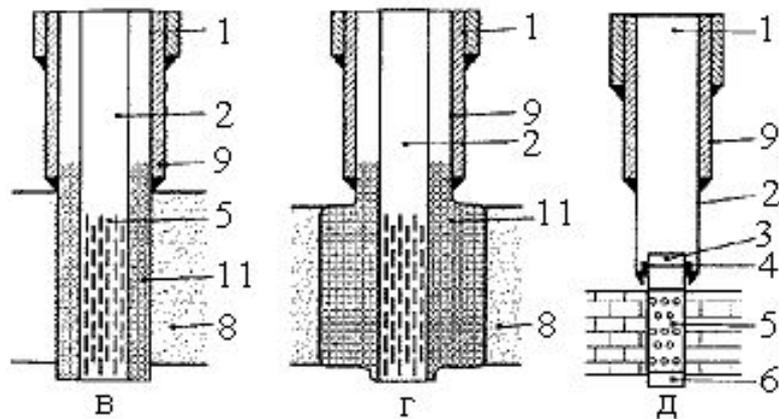
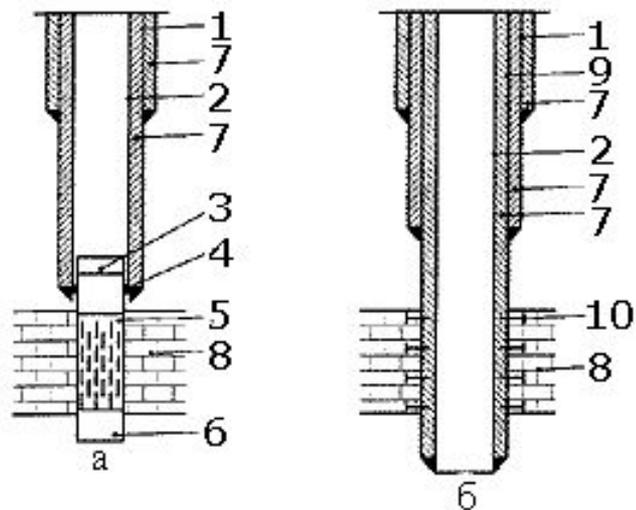
- обеспечивать отбор запланированного объема воды;
- предотвращать перетоки подземных вод по затрубному пространству;
- обеспечивать устойчивость стенок скважины от обрушения и поглощения промывочной жидкости;
- осуществлять гидрогеологическое опробование и наблюдения;
- иметь минимальную металлоемкость;
- обеспечивать проведение различных технологических операций в скважине.

Количество *обсадных колонн* и интервалы их спуска определяют гидрогеологическими условиями бурения, глубиной скважины и ее целевым назначением. Различают следующие виды колонн: направляющая, кондуктор, техническая (промежуточная), эксплуатационная, фильтровая.

В скважинах глубиной до 200—300 м функции направления выполняет кондуктор. В эксплуатационной колонне размещают средства для водоподъема.

Промежуточные обсадные колонны используются для перекрытия отдельных горизонтов и перекрытия зон поглощения промывочной жидкости; изоляции достигают путем тампонирувания затрубного пространства.

1 — кондуктор; 2— эксплуатационная колонна; 3— муфта для соединения с бурильной колонной; 4 — сальник; 5 — рабочая часть фильтра; 6—отстойник; 7— тампонажный камень; 8— водоносный пласт; 9— техническая колонна; 10— перфорационные каналы; 11 - гравий



# Назначение колонн обсадных труб

- Обсадные колонны по своему назначению подразделяются следующим образом.  
*Направление (или направляющая)* - колонна труб или одна труба, предназначенная для закрепления приустьевой части скважин от размыва буровым раствором и обрушения. Направление, как правило, одно. Однако могут быть случаи крепления скважин двумя направлениями. Обычно направление спускают в заблаговременно подготовленный шурф или скважину и бетонируют на всю длину. Иногда направления забивают в породу, как сваю.
- *Кондуктор* - колонна обсадных труб - предназначен для разобщения верхнего интервала разреза горных пород, изоляции пресноводных горизонтов от загрязнения, монтажа противовыбросового оборудования и подвески последующих обсадных колонн.
- *Промежуточная обсадная колонна* - служит для разобщения несовместимых по условиям бурения зон при углублении скважины до намеченных глубин. Их может быть несколько.
- *Эксплуатационная колонна* - последняя (в порядке установки) колонна обсадных труб, которой крепят скважину для разобщения продуктивных горизонтов от всех остальных пород и извлечения из скважины нефти, воды, песка, газа или, наоборот, для нагнетания в пласты жидкости или газа. Иногда в качестве эксплуатационной колонны может быть использована (частично или полностью) последняя промежуточная колонна.

# **БУРЕНИЕ СКВАЖИН**

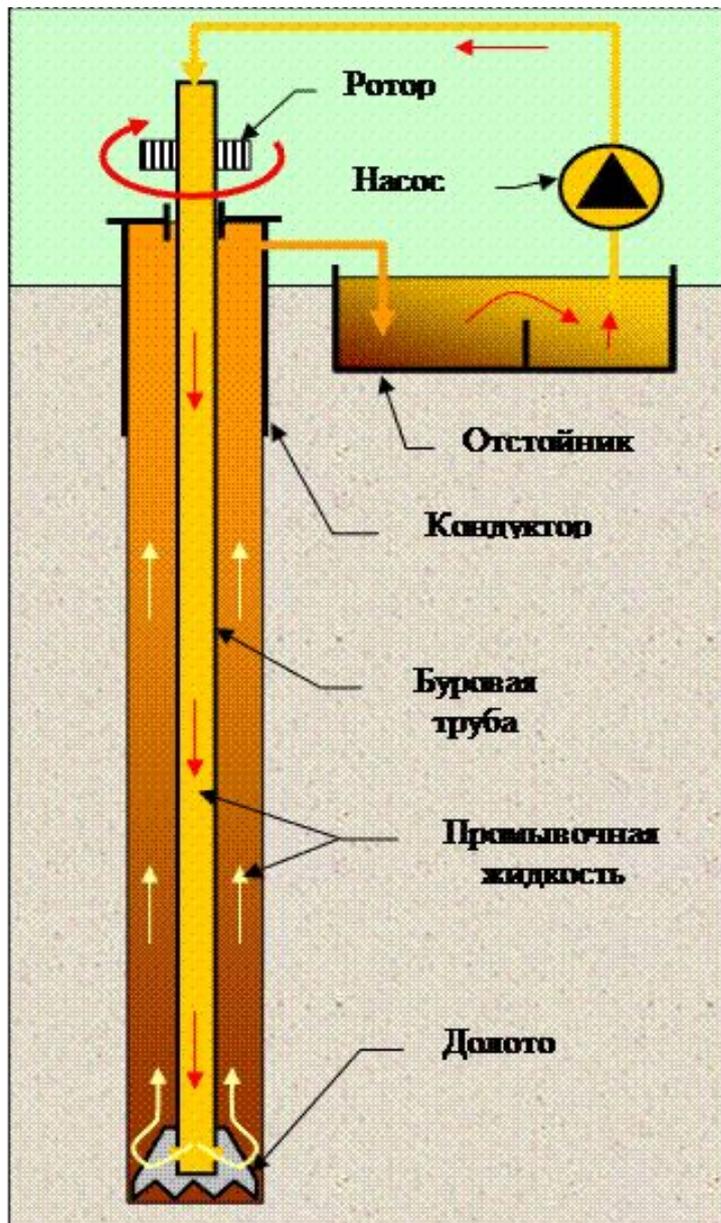
*Бурение скважин складывается из трех операций:*

- 1. разрушение породы в забое;*
- 2. удаление породы из ствола скважины;*
- 3. крепление стенок скважины обсадными трубами.*

*Бурение скважин на воду осуществляется, в основном, двумя способами - роторным и ударно-канатным.*

***Роторный способ** заключается в разрушении породы забоя скважины вращающимся буровым наконечником (долотом). На практике применяются два способа роторного бурения: **с прямой и обратной промывкой**. Роторный способ бурения рекомендуется для бурения скважин любой глубины в хорошо изученных гидрогеологических условиях.*

*Бурение роторным способом производится при помощи специальных станков с мачтой высотой до 25 м в следующей последовательности. Планируется площадка размером 8 на 12 м, отрывается шурф глубиной около 1 м, в который устанавливается кондуктор. Пространство между стенками шурфа и кондуктором заливается бетоном. Буровой агрегат монтируется над кондуктором. Разрушение породы производится долотами. Для мягких пород применяют долота "рыбий хвост", для твердых пород - шарожечные долота. Долота вращаются на бурильных трубах со скоростью 100 - 200 об/мин.*



*При роторном бурении с прямой промывкой через колонну бурильных труб грязевым насосом к забою скважины подводится промывочная жидкость. В устойчивых скальных породах - это вода, в остальных - глинистый раствор. Глинистый раствор применяют для следующих целей:*

- очистка забоя от выбуренной породы (шлама) и выноса ее на поверхность;*
- глинизация стенок скважины для предохранения их от разрушения во время бурения в рыхлых породах;*
- охлаждение рабочей части долота во время бурения.*

*Глинистый раствор поднимается на поверхность в отстойник, где от него отделяется порода. Очищенный раствор вновь закачивается в скважину. По окончании бурения в скважину свободно опускаются трубы, а затем производится цементация затрубного пространства.*

*При бурении скважин роторным способом с глинистым раствором вследствие коагуляции водоносного горизонта глинистыми частицами, резко ухудшаются фильтрационные свойства пород. Поэтому, освоение водоносных пластов включает операции по опусканию в скважину фильтра, восстановлению (разглинизации) естественной водопроницаемости пласта, откачку воды из скважины с целью формирования водоприемной части скважины и осветления воды.*

*Применяются следующие способы освоения водоносных пластов:*

- физический способ - нагнетание воды в пласт, продувка воздухом, виброразглинизация, электрогидравлическая обработка пласта, ультразвуковые воздействия, использование ершей и др.;*
- химический - солянокислотная обработка, применение реагентов и ПАВ;*
- физико-химический - взрыв с инъекцией в пласт кислот, ПАВ, электрохимическая обработка фильтра и др.*

Методы разглинизации скважин, несмотря на их многообразие, недостаточно эффективны и трудоемки. Это привело к разработке усовершенствованного способа **роторного бурения с обратной промывкой**, в котором в качестве промывочной жидкости используется чистая вода. Для того, чтобы пройденная выработка не обрушалась, столб воды в скважине должен превышать статический уровень не менее, чем на 3 м. Вода из отстойника поступает в ствол скважины, откуда вместе со шламом через отверстие в долоте засасывается в бурильные трубы и сбрасывается в отстойник.

*Бурение скважин на воду при глубине до 100-150 м рекомендуют производить **ударно-канатным способом**. Сущность способа заключается в том, что порода в скважине разрушается при ударах специального инструмента, прикрепленного к канату.*

*Бурение производится при помощи специальных буровых станков в следующей последовательности. Выравнивается площадка размером 10 на 15 м и устанавливается станок. В месте заложения скважины отрывается шурф глубиной до 1,5 м. Первая обсадная труба (кондуктор) забивается на глубину 3-5 м, она возвышается над площадкой на высоту 0,5 м. Пространство вокруг трубы забутовывается камнями и заливается жидким цементом.*

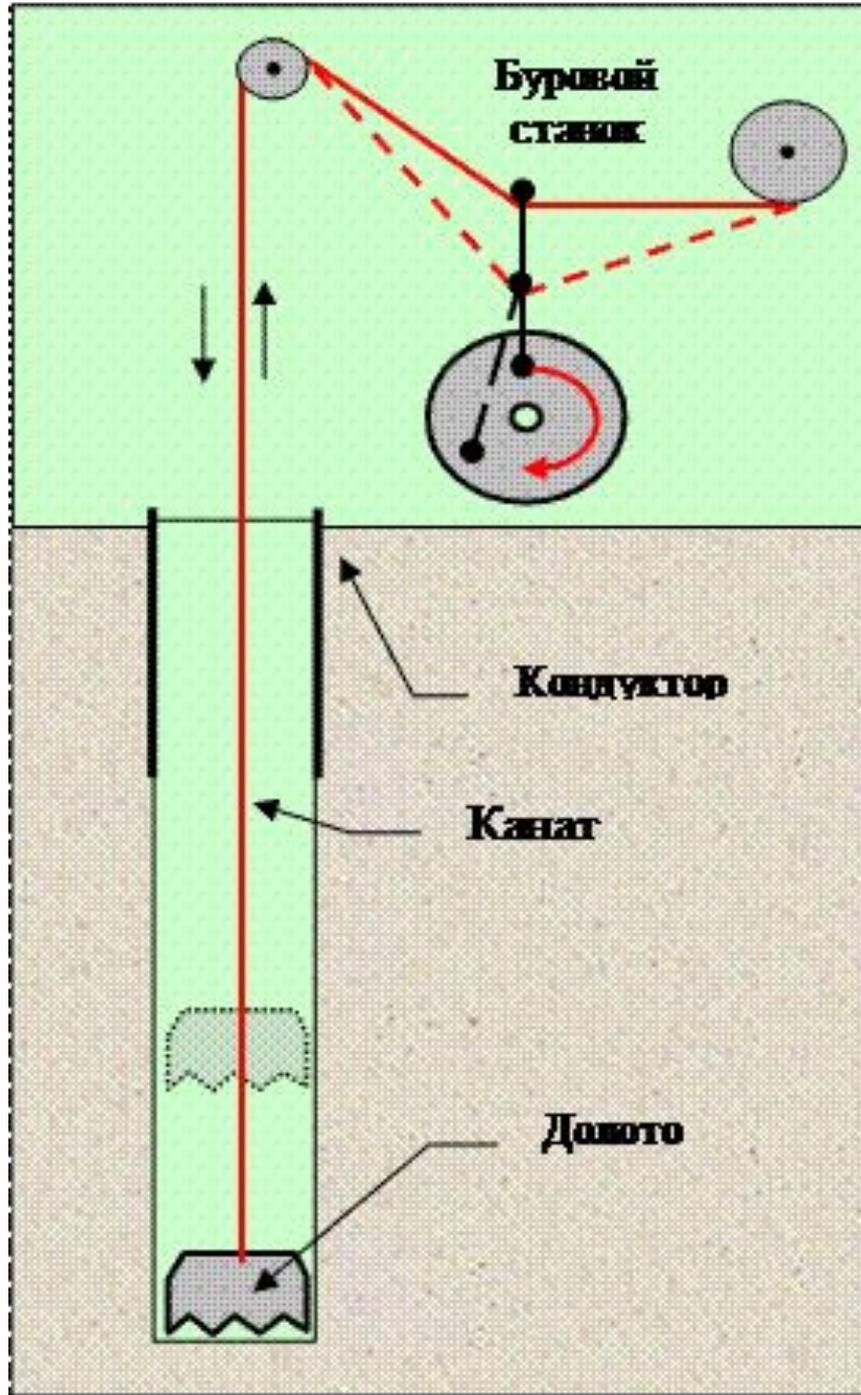
*Разбуривание породы осуществляется при помощи долот:*

- двутаврового - для вязких и средних пород;*
- округляющего - для твердых пород;*
- крестовидных - для валунов и трещиноватых пород.*

- *Долото производит удар о породу с высоты 0,5-1 м с частотой 40-50 раз в минуту. Через 3-30 минут (в зависимости от крепости породы) разработанный грунт необходимо удалять из скважины. Для подъема шлама применяют желонки. Желонка представляет собой отрезок трубы с заостренным нижним краем, которая подвешивается на канат. Желонка опускается в скважину, как и долото. При этом порода плотно набивается внутрь желонки.*

*Затем она извлекается на поверхность и порода из нее выбивается. Желонками можно одновременно разбуривать и поднимать грунт слабых пород. Для подъема водонасыщенных и мелкозернистых пород применяют желонки с клапанами в нижней части. Клапан не дает возможности выпасть грунту из желонки.*

*Стенки скважины крепятся буровыми трубами. В плотных породах в начале разбуривают грунт, а затем в скважину свободно опускают обсадную трубу (свободная посадка). В рыхлых породах опускают или забивают обсадные трубы с опережением забоя скважины (принудительная посадка). При забивке на верхний конец трубы надевают забивную головку, которая принимает на себя удар забивного снаряда и передает его всей колонне труб.*



При большой глубине увеличивается трение труб о грунт. Поэтому через каждые 30-50 м необходимо уменьшать их диаметр. Система обсадных труб становится телескопической.



## ***Преимущества ударно-канатного способа бурения:***

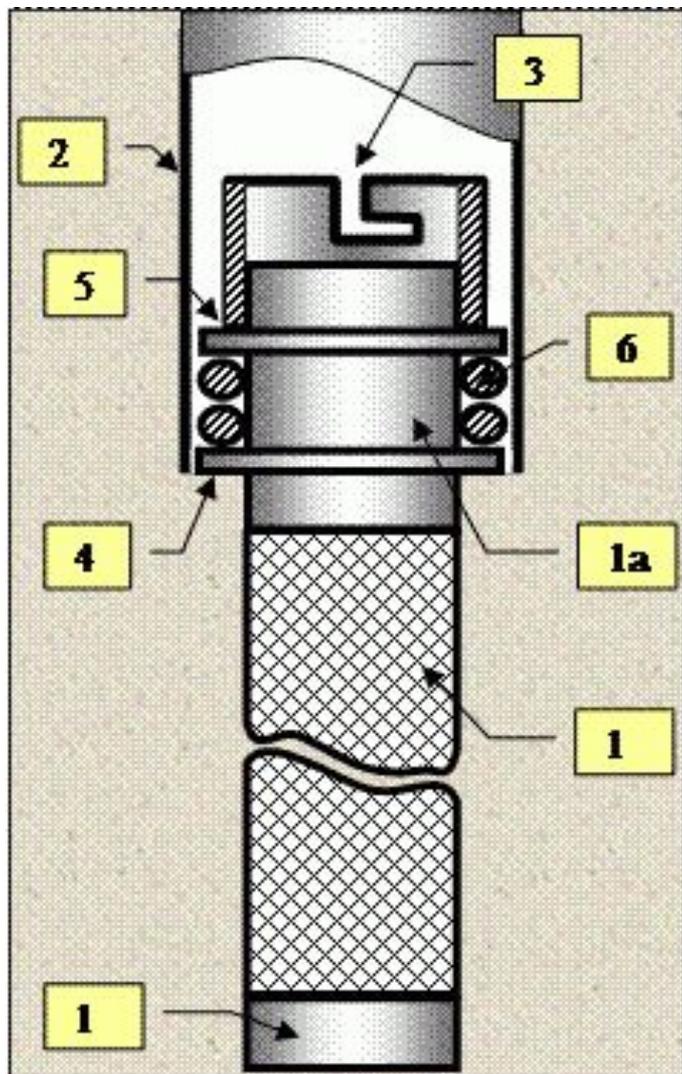
- лучшее определение пород для гидрогеологической документации и более точное определение водоносности пород;***
- возможность бурения скважин с большим начальным диаметром (до 900 мм);***
- возможность точного выявления и вскрытия водоносных горизонтов;***
- характеристики водоносных пластов при бурении не ухудшаются и не требуют восстановления.***

## ***Недостатки ударно- канатного способа:***

- малые скорости бурения, особенно в твердых породах;***
- большой расход труб для крепления ствола скважин.***

***Учитывая преимущества и недостатки рассмотренных способов бурения, для строительства скважин глубиной до 150 м в нескальных породах можно рекомендовать ударно-канатный способ бурения. При больших глубинах и в твердых породах можно применить комбинированный способ. До водоносного пласта бурение производится роторным способом, а в пределах водоносного пласта - ударно-канатным***

# ФИЛЬТРЫ СКВАЖИН



Фильтр состоит из трех основных частей:  
надфильтровая часть;  
собственно фильтровая или рабочая часть фильтра;  
отстойная часть.

*Фильтр в скважине устанавливается следующим образом. После окончания бурения скважины на месте фильтра временно устанавливается обсадная труба. Эта труба имеет длину от основания до верха скважины и предотвращает обрушение стенок в пределах водоносного пласта до установки фильтра. В надфильтровой части имеется два кольца. Нижнее 4 - приваренное к телу фильтра. И верхнее 5 - свободно одетое на фильтр. Замок 3 для монтажа фильтра прорезан в муфте, которая навинчивается на фильтр сверху.*

*Между верхним и нижним кольцами навивают сальник из пенькового каната по спирали плотно затягивая витки. Размер сальника должен быть несколько меньше внутреннего диаметра обсадной трубы. Фильтр заводят в скважину и закрепляют временно хомутами. В замок вставляют ключ, в виде штанги с перекрестием, и поворачивают его так, чтобы перекрестье вошло в горизонтальные прорези замка. За штангу ключа фильтр немного приподнимают. Освобождают хомуты и опускают фильтр в скважину на проектную отметку, постепенно*

*Затем обсадную трубу вынимают для обнажения рабочей части фильтра в водоносном пласте. Причем, перед опусканием фильтра необходимо точно замерить длину отстойника и рабочей части, чтобы затем поднять обсадную трубу на соответствующую высоту. После обнажения фильтра вращают штанги и завинчивают муфту, которая сжимает сальник. Сальник увеличивается в ширину и уплотняет зазор между глухой частью фильтра и обсадной трубой. Ключ поворачивают в обратную сторону, выводят его из горизонтальных прорезей замка и извлекают его из скважины. Обсадная труба, в которой установлен фильтр, обрезается на*

*К фильтру предъявляются следующие требования:*

- он должен иметь достаточную механическую прочность и устойчивость против коррозии;*
- иметь скважность не менее 20-25 % и предельно-допустимые размеры отверстий (по условиям прочности и предотвращения пескования скважины при эксплуатации). Под скважностью понимается отношение суммарной площади отверстий для пропуска воды к площади всей боковой поверхности*

*По конструктивным особенностям каркаса рабочей части изготавливают фильтры двух типов - трубчатые и стержневые. По устройству водоприемной фильтрующей поверхности фильтры подразделяются:*

- 1. Трубчатые и стержневые, у которых водоприемной фильтрующей поверхностью служит боковая поверхность трубы или стержневого каркаса;*

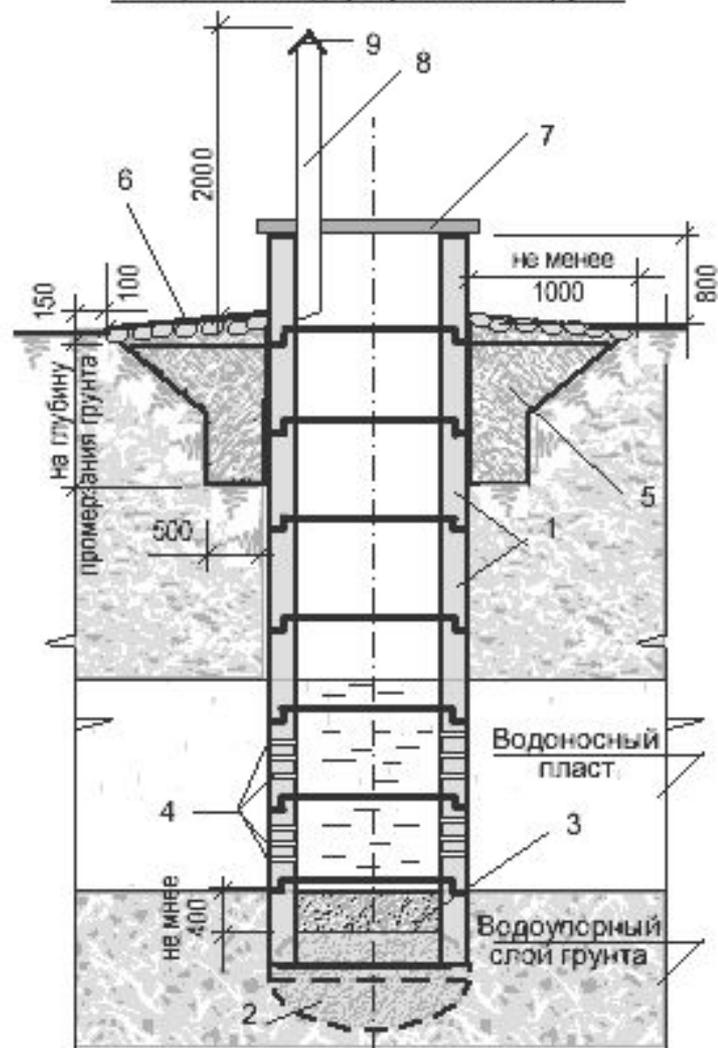
2. *Трубчатые и стержневые с водоприемной поверхностью из:*

- *штампованного листа;*
- *проволочной обмотки;*
- *металлических и не металлических сеток;*
- *гравийной или песчано-гравийной засыпок.*

## Шахтный колодец

*Шахтные колодцы представляют собой вертикальные выработки с большим поперечным сечением (не менее 1 м) и относительно небольшой глубиной (до 20-30 м). Обычно они применяются для забора подземных вод из первых от поверхности безнапорных водоносных горизонтов. Это горизонты сравнительно небольшой мощности (не более 10 м), которые сложены рыхлыми породами (песками, галечниками). Иногда шахтные колодцы сооружают и в напорных водоносных пластах при глубине их залегания до 30-40 м. Однако устройство шахтных колодцев такой глубины и подсобразно лишь при слабой*

Колодец шахтного типа  
с опорой на водоупорный слой грунта



- 1- железобетонные кольца; 2- нож;  
3- донный фильтр из щебня; 4- отверстия в шахматном порядке через 20-30 см;  
5- защитный пояс из жирной глины;  
6- каменная отмостка; 7- крышка; 8- вентиляционная труба;  
9- вентиляционный козырек или сетка