

«Эксплуатационная разведка месторождений подземных вод»

**для слушателей магистратуры ОП
«Гидрогеология и инженерная геология»**

**Лекция 3
Проф. М.Заппаров**

Лекция 3

Бурение гидрогеологических скважин.

Комплекс буровых работ.

Классификация гидрогеологических скважин по назначению. Требования, предъявляемые к конструкции гидрогеологических скважин. Типы фильтров, расчет гравийной обсыпки и пропускной способности фильтра.

Бурение скважин и их опробование являются основным видом гидрогеологических исследований и надежным методом получения гидрогеологической информации. Это определяется многими факторами:

- бурение скважин позволяет получить непосредственный результат по **геолого-литологическому разрезу**, условиям залегания и распространения водоносного горизонта, а также сведения о перекрывающих и подстилающих толщах;
- буровые скважины – самое эффективное средство, позволяющее оценить **качество и количество подземных вод** как продуктивного, так и смежных водоносных горизонтов;
- по скважинам, пробуренным на разведываемых участках, можно получить сведения **о фильтрационных свойствах пород**, определить их гидрогеологические параметры;
- буровые скважины это наиболее эффективное средство **для каптажа подземных вод.**

В комплекс буровых работ входит:

- выбор схемы размещения скважин на площади работ в зависимости от стадии исследований, сложности гидрогеологических условий и пр.;
- непосредственно бурение скважин, их документация по мере проходки, предварительное опробование подземных вод и каротаж;
- подготовка скважин к опробованию или эксплуатации (оборудование фильтровой частью).

По назначению все гидрогеологические скважины разделяются на следующие категории:

- поисковые, поисково-картировочные;**
- разведочные;**
- разведочно-эксплуатационные;**
- наблюдательные;**
- эксплуатационные (водозаборные, дренажные, поглощающие, нагнетательные).**

Поисковые, поисково-картировочные скважины бурятся на стадии поисково-съёмочных работ. Цель бурения – предварительная оценка качества подземных вод, проведение пробных откачек, изучение геолого-гидрогеологических условий и выявление водоносных горизонтов и комплексов, выбор наиболее продуктивного водоносного горизонта.

Разведочные скважины проходят при разведке подземных вод на перспективных участках месторождений для детального изучения гидрогеологических условий. Служат для проведения в них большого комплекса гидрогеологических и других видов исследований. Буровые работы сопровождаются отбором керна, комплексом каротажных работ, гидрогеологическими наблюдениями.

Разведочно-эксплуатационные скважины проходят обычно при детальной разведке на месте будущего водозабора. В них предполагается полный комплекс исследований для осуществления разведки, а затем эти скважины должны передаваться в эксплуатацию. Это обстоятельство предъявляет высокие требования к качеству бурения и оборудования скважин с тем, чтобы обеспечить ее работу на срок эксплуатации водозабора.

Наблюдательные скважины закладываются на любой стадии исследований и могут быть использованы как для наблюдения за режимом подземных вод, так и для наблюдения за изменением уровня воды при полевых опытно-фильтрационных работах. Эти скважины могут быть пробурены для наблюдения за снижением уровней подземных вод в зоне действия водозаборных сооружений.

В процессе поисково-разведочных работ скважины могут переходить из одной категории в другую: поисковые скважины – в разведочные, поисковые и разведочные в наблюдательные.

Конструкция гидрогеологической скважины в каждом конкретном случае выбирается в зависимости от ее назначения, геолого-гидрогеологических условий и экономической эффективности и к ней предъявляется ряд требований:

- эффективное и безопасное ведение работ;
- качественное опробование изучаемых водоносных горизонтов при последующей их изоляции;
- возможность размещения в скважине всего необходимого оборудования для испытания, каротажа, специальных исследований;
- выполнение всего необходимого комплекса наблюдений и исследований;
- защита водоносных горизонтов от загрязнения и перетекания подземных вод из соседних горизонтов;
- устойчивость использования скважин при ее эксплуатации;
- сооружение скважин с минимальными затратами времени, средств и труда;
- возможность при необходимости проведения ремонтных и ликвидационных работ.

Все эти требования обуславливают конструкцию скважины, т.е. ее глубину, диаметры, количество колонн обсадных труб, организацию фильтровой части, устьевое оборудование скважины.

Глубина скважины зависит от глубины залегания водоносного горизонта и степени его вскрытия. При применении в качестве откаченного средства эрлифта глубина скважины должна удовлетворять требованиям глубины загрузки смесителя.

Диаметр скважины в пределах установки насосного оборудования (эксплуатационный диаметр) должен удовлетворять требованиям установки насосного оборудования (на 50 – 100 мм больше диаметра насоса). Конечный диаметр бурения должен обеспечивать установку фильтра и получение необходимого дебита при опробовании, а если это необходимо – и длительной эксплуатации.

Водоприемная часть скважины в зависимости от устойчивости водоносных горизонтов может быть фильтровой и безфильтровой.

Безфильтровые скважины оборудуются в устойчивых трещиноватых и закарстованных породах. Фильтровые скважины оборудуются фильтрами различной конструкции с тем, чтобы обеспечить благоприятные условия для притока воды, уменьшения пескования и глинизации скважины.

Фильтры должны обеспечивать долговечную работу скважины, и их тип определяется характером фильтрующей поверхности. Для песчаных водоносных горизонтов применяются следующие типы: проволочный и сетчатый фильтры на перфорированном трубчатом каркасе; фильтры с коническими и щелевыми отверстиями (ФКО, ФЩО), а также фильтры с песчано-гравийной обсыпкой.

Выбор типа фильтра производится в зависимости от гранулометрического состава пород водоносного горизонта в соответствии с табл.

Конструкция, размеры и материал фильтра принимаются в зависимости от ожидаемого дебита скважины, мощности водоносного горизонта и химизма подземных вод.

При агрессивных водах с большим содержанием углекислоты, сероводорода и кислорода элементы фильтров скважин, передаваемых в эксплуатацию, следует изготавливать из нержавеющей стали или других материалов, стойких к коррозии и обладающих необходимой прочностью.

При выборе типов фильтров предпочтение следует отдавать тем фильтрам, которые создают минимальные входные сопротивления. Наибольшим сопротивлением обладают сетчатые фильтры. Сквозность фильтров, как фильтрующей поверхности, так и трубчатого каркаса, должна составлять 15 – 25 %. Размеры проходных отверстий фильтрующих поверхностей определяются по табл. 3.2. Сквозность фильтров наблюдательных и режимных скважин должна быть не менее 5 %.

Во всех типах фильтров применяются перфорированные трубчатые каркасы, изготавливаемые из обсадных труб необходимого диаметра. При изготовлении трубчатых каркасов со щелевой перфорацией, к ним предъявляются те же требования по скважности, что и для каркасов с круглой перфорацией. При этом ширина щели должна соответствовать диаметру отверстия, щели располагаются в шахматном порядке.

Проволочный фильтр состоит из перфорированного трубчатого каркаса, продольных опорных ребер и фильтрующей поверхности из спиральной проволочной обмотки. На каркас накладываются продольные проволочные ребра (или наматывается опорная проволочная спираль) диаметром 3 – 6 мм, чтобы проволочная обмотка не прилегала к нему плотно (что резко снижает скважность фильтра). Расстояние между ребрами 15 – 20 мм. Проволочные опоры крепятся на трубчатом каркасе зачеканкой или сваркой. Фильтрующая поверхность создается намоткой спиральной проволоки диаметром 1 – 3, 2 – 4, 2 – 5 мм (чем больше диаметр трубчатого каркаса, тем больше диаметр проволоки). Для скважин, передаваемых в эксплуатацию, проволочную обмотку следует изготавливать из нержавеющей стали.

Сетчатые фильтры представляют собой перфорированный каркас (дырчатый щелевой), покрытый фильтровой сеткой. Для того чтобы сетка не соприкасалась с каркасом под давлением водоносных пород (что резко снижает скважность фильтра), на каркас накладывается проволочная опорная обмотка или проволочные продольные стержни диаметром 3 – 4 мм, концы которых закрепляются зачеканкой или сваркой. Расстояние между витками опорными ребрами составляет 15 – 20 мм. Фильтровая сетка накладывается на опорную проволоку и припаивается к трубчатому каркасу. Если сетка латунная, то во избежании активной коррозии она укрепляется на каркасе не пайкой, а сшивкой медной проволокой.

Гравийные фильтры состоят из дырчатого или щелевого трубчатого каркаса, проволочной обмотки и песчано-гравийной обсыпки, которая является фильтрующей средой. Обсыпка подбирается в соответствии с гранулометрическим составом пород водоносного горизонта по соотношению $D_{50} / d_{50} = 8-12$,

где D_{50} – диаметр частиц, соответствующих 50 - %-ному содержанию от суммы всех частиц обсыпки.

Конечный внутренний диаметр скважины должен быть больше внешнего диаметра каркаса фильтра с проволочной обмоткой не меньше чем на 100 мм. Расчет необходимого количества обсыпки должен обеспечивать заполнение кольцевого зазора между фильтром и стенкой скважины на 5 – 10 м выше фильтра. Расчет количества обсыпки (V) производится по следующей формуле:

$$V = \frac{\pi(d_1^2 - d_2^2)(l_1 + l_2 + l_3)}{4}$$

где d_1 – внутренний диаметр скважины, в которой устанавливается фильтр, м; d_2 – наружный диаметр фильтра, м; l_1 , l_2 – длина наружного фильтра, м; l_3 – превышение глубины обсыпки над верхом фильтра, учитывающее ее расход на вынос песка при откачке и заполнении каверн в стенках скважины, м.

Изоляция водоносных горизонтов является одной из важнейших операций в гидрогеологических скважинах. Изоляция позволяет качественно проводить опробование водоносных горизонтов и исключить перетекание подземных вод. Способ изоляции зависит от целей и способа бурения и включает:

- задавливание обсадных колонн в глинистые водоупорные подстилающие отложения (на 5 м);
- в скальных породах задавливание в разбуренный стакан, заполненный глиной или цементом;
- затрубная цементация для изоляции испытываемого горизонта от вышележащего (через заливочные трубки, с помощью цементируемых головок и т.п.);
- манжетная или диафрагмовая цементация (в случае опускания обсадной колонны вместе с фильтром на конце);
- затрубная цементация обсадных колонн вместе с хвостовиком (через забой) с последующим прострелом труб.

Устьевая часть скважины образуется так, чтобы обеспечивалось условие регулирования процесса откачки, измерения уровней и дебита, проведения геофизических и специальных работ, возможностей отбора проб воды и газа.

Поисковые, поисково-картировочные скважины имеют простую конструкцию и при благоприятных разрезах не обсаживаются (за исключением верхней части). При сложных гидрогеологических условиях обсаживаются одной обсадной колонной. Диаметры скважин обычно 132 – 76 мм.

Разведочные скважины обязательно оборудуются водоподъемной колонной и кондуктором (направлением). Иногда скважина состоит из одной или нескольких промежуточных колонн, что помогает избежать поглощение промывочной жидкости на отдельных интервалах и изолирует верхние водоносные горизонты. Изоляция осуществляется цементным раствором (тампонаж).

В скважинах глубиной до 150 – 200 м техническая колонна не применяется.

Разведочно-эксплуатационные скважины, рассчитанные на длительную работу в условиях эксплуатации, обычно оборудуются затрубной цементацией. Эта цементация исключает перетекание подземных вод из разных водоносных горизонтов.

Конструкции скважин бывают различными:

- телескопическая (при ударно-канатном бурении);**
- одноколонная (при напорных горизонтах глубиной 500 м);**
- многозабойные (при проходке в трещинно-карстовых отложениях).**

Наблюдательные скважины имеют более простую конструкцию. Это, как правило, одноколонная скважина с цементируемым оголовком. Диаметры обычно 73 – 108 мм.

Документация скважин ведется в процессе буровых работ и подразделяется на техническую, геологическую и гидрогеологическую. Документация ведется в специальном журнале, где фиксируются данные по технологии проходки скважин (конструкция, проходка за смену, техническое состояние скважины, условия отбора керна, возможные осложнения и пр.), геологическим условиям (первичное описание керна и шлама), гидрогеологическим условиям (режим промывочной жидкости, провалы инструмента, появление и уровень воды, отбор проб и пр.).

Способ бурения скважин выбирается в зависимости от конкретных геолого-гидрогеологических условий, целевого задания, глубины залегания водоносных горизонтов, предполагаемых дебитов и т.п.

**Способы проходки гидрогеологических
скважин, достоинства и недостатки
каждого из способов бурения.
Гидрогеологические наблюдения при
бурении скважин.**

Способ бурения скважин выбирается в зависимости от конкретных геолого-гидрогеологических условий, целевого задания, глубины залегания водоносных горизонтов, предполагаемых дебитов и т.п.

В настоящее время в практике гидрогеологических исследований применяются следующие способы проходки скважин:

- вращательный с прямой промывкой глинистым раствором;
- вращательный с продувкой забоя воздухом;
- вращательный с обратной промывкой;
- ударно-канатный;
- комбинированный способ.

Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки и применим в конкретных условиях. На некоторых из них и остановимся.

Вращательное бурение с промывкой глинистым раствором применяется при бурении в породах различной твердости и на разные глубины, при этом достигаются высокие скорости проходки. Конструкция скважины неметаллоемкая, однако в связи с кольматацией стенок скважины глинистым раствором опробование водоносных горизонтов связано с необходимостью разглинизации скважины. Необходима также доставка на буровую большого количества глины и воды, наличие которой в технологическом процессе усложняет работы в зимнее время.

Вращательное бурение с продувкой забоя воздухом применяется в безводных районах, на водоносные пласты с незначительными водопритоками (до 3 дм³/с), в устойчивых разрезах. Этим бурением достигаются высокие скорости, возможность качественного опробования скважин (отсутствие кольматации), бурение по поглощающим разрезам. Применение метода ограничивается бурением лишь устойчивых разрезов. Бурение невозможно при больших водопритоках в скважину и глубинах более 300 м.

Вращательное бурение с обратной промывкой осуществляется в мягких и рыхлых породах до глубины 300 м при создании высокодебитных скважин большого диаметра (до 1500 мм). Достигаются высокие механические скорости бурения и высокое качество вскрытия пласта. Ограничивается глубиной бурения до 200 – 300 м, а бурение ведется лишь в мягких и рыхлых породах.

Ударно-канатный способ бурения применяется при малоизученных гидрогеологических разрезах в породах, поглощающих промысловую жидкость и имеющих валунно-галечниковый разрез.

К положительным факторам относится: качественное вскрытие пласта, отсутствие при бурении глины и воды, бурение по сложным валунно-галечниковым разрезам большими диаметрами.

К недостаткам - большой расход обсадных труб, низкие скорости бурения, незначительные глубины.

Комбинированный способ бурения применяется в тех случаях, когда слабо изучены геолого-гидрогеологические условия, или при особых требованиях, предъявляемых к скважинам:

- верхняя часть разреза проходится вращательным способом (для быстроты проходки), а водоносные породы
 - ударно-канатным (для получения более достоверной информации о водоносных горизонтах);
 - верхняя часть высокодебитной скважины (эксплуатационная колонна) в пределах установки высокодебитного насоса большого диаметра проходится ударно-канатным способом, а нижняя вращательным.
- Достигается установка крупноразмерного насосного оборудования и высокая скорость строительства скважины.

Для выявления водоносных горизонтов, изучения их состава, условий залеганий, химического состава подземных вод и получения другой информации проводятся **гидрогеологические наблюдения**, которые ведутся непосредственно при бурении скважин, а также при их гидрогеологическом опробовании в процессе бурения.

Наблюдения заключаются в следующем (наблюдаемые факторы):

- уровни подземных вод;
- литологические особенности водовмещающих пород;
- состояние глинистого раствора и его поглощение;
- провалы бурового инструмента;
- выход керна;
- температура вскрываемых вод и газопроявления.

Осуществляется также отбор воды, газа, образцов керна для лабораторных исследований.

При бурении без промывки наблюдения за уровнями подземных вод легко осуществимы обычным способом. При бурении с глинистой промывкой вскрытие водоносного горизонта косвенно фиксируется или по увеличению (в случае проходки по водоносному горизонту), или по полному поглощению (при бурении по сухим проницаемым породам) промывочной жидкости, по изменению параметров глинистого раствора (плотность и вязкость) вследствие разбавления его пластовой водой.

Обычно замеры уровней производятся в перерывах в бурении (подъем снаряда, отбор керна и т.п.). Отбор керна осуществляется специальными колонковыми трубами и грунтоносами.

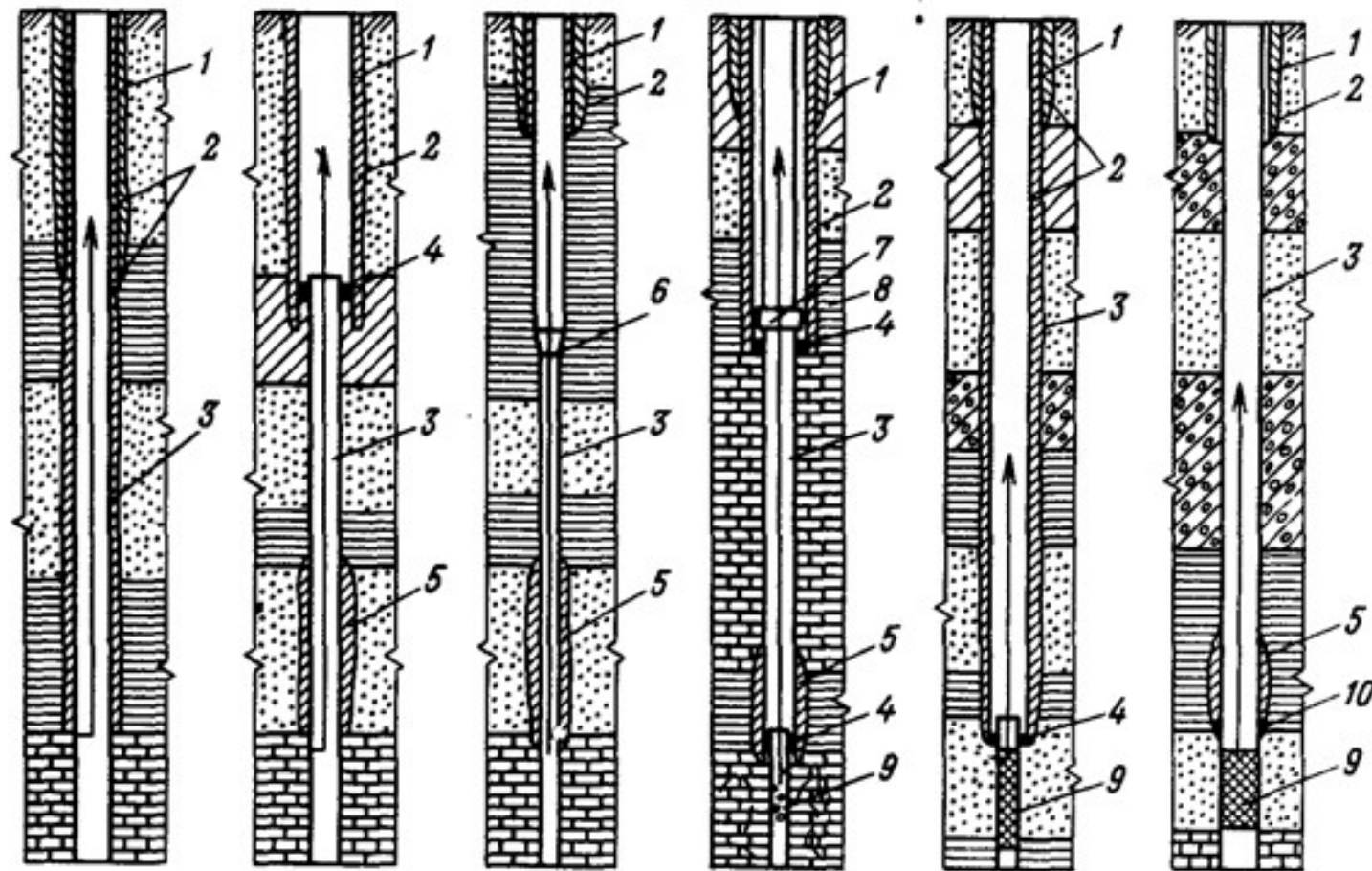
Температурные наблюдения могут осуществляться как в процессе бурения, так и по его завершении. По результатам можно судить о геотермических условиях разреза.

Наблюдения за провалами инструмента осуществляются при бурении по трещиноватым и карстующимся породам. Провалы инструмента указывают на наличие в разрезе крупных пустот и полостей.

При бурении на высокоминерализованные минеральные и промышленные воды проводятся **наблюдения за химическим составом промывочной жидкости** (на один или два характерных компонента). Отбор проб воды осуществляется желонкой или пробоотборником в перерывах между бурением.

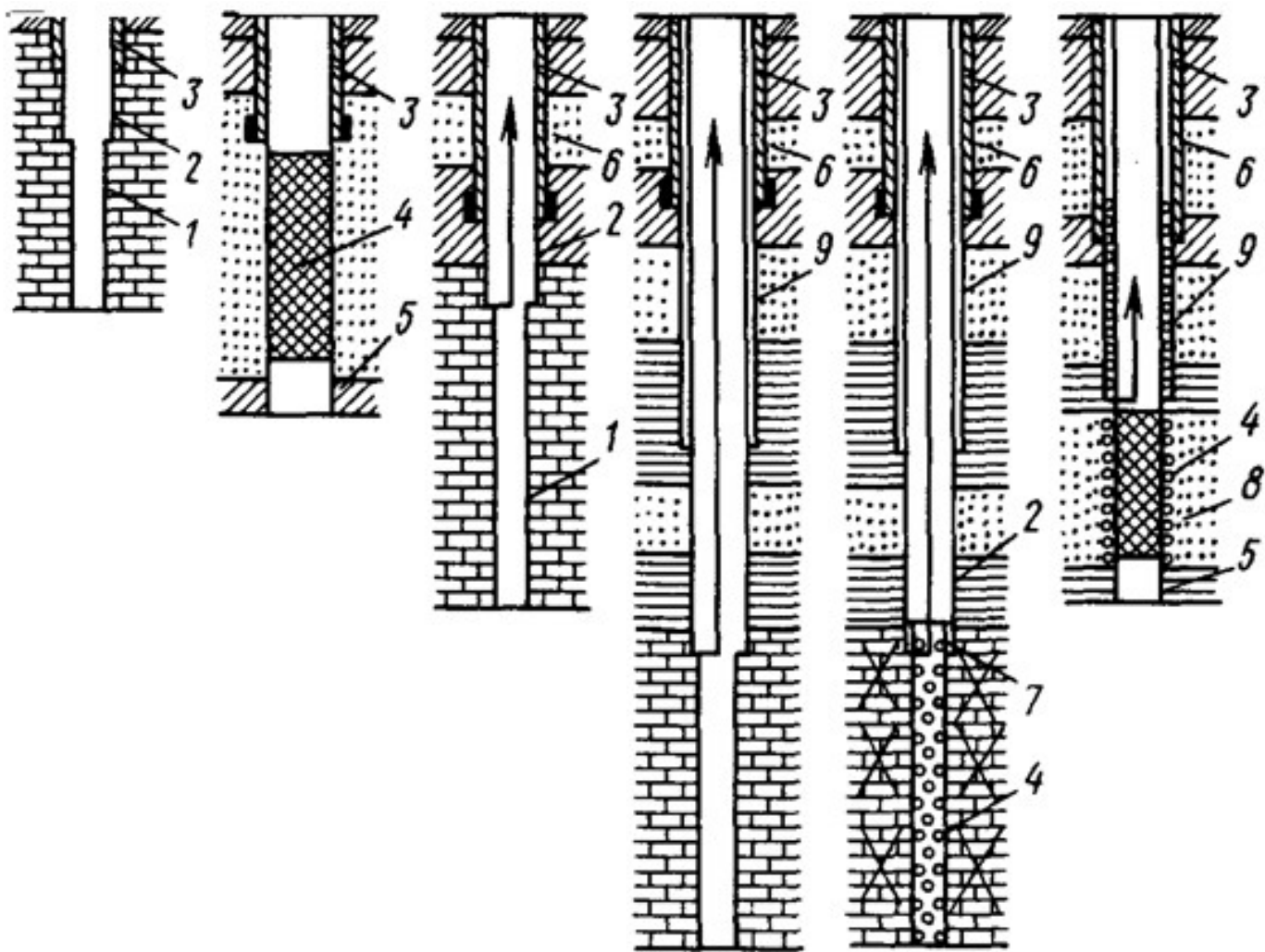
Для получения представительной информации при бурении осуществляют иногда кратковременные откачки желонкой или наливов (экспресс-опробование). Применяют метод опережающего опробования, когда в скважину вводят фильтропробователь, задавливаемый в водоносный горизонт.

Результаты всех наблюдений вводятся в журналы, таблицы, а также составляются колонки скважин.



Схемы конструкций скважин при роторном бурении:

1 – кондуктор; 2 – затрубное цементирование; 3 – эксплуатационная колонна; 4 – сальник; 5 – подбашмачное цементирование; 6 – переводник; 7 – муфта с левой резьбой; 8 – промежуточная колонна; 9 – фильтровая колонна (фильтр); 10 – манжета для цементирования



Схемы конструкций скважин при ударно-канатном бурении:

- 1 - водоприемная часть; 2 - эксплуатационная колонна; 3 - кондуктор;
- 4 - фильтровая колонна; 5 - отстойник; 6 - межтрубное цементирование;
- 7 - сальник; 8 - гравийная обсыпка; 9 - промежуточная колонна