

Г. Э. АЙРАПЕТЯН

**ОПЫТ БУРЕНИЯ
СКВАЖИН
НА ВОДУ**

ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ

Г. Э. АЙРАПЕТЯН

ОПЫТ БУРЕНИЯ
СКВАЖИН
НА ВОДУ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЕ НЕДР
МОСКВА 1957

ПРЕДИСЛОВИЕ

При подготовке данной работы автор не ставил перед собой задачи создать и опубликовать капитальный труд по бурению скважин на воду. Он также не претендовал на какие-либо научно-теоретические обобщения в вопросах технологии бурения вообще и в вопросах сооружения скважин на воду в частности.

Автор в течение многих лет занимался производством бурения скважин для водоснабжения железнодорожного транспорта и за время этой своей работы накопил положительный опыт, по его мнению, представляющий для специалистов данной области определенный интерес. В частности, такой интерес, по мнению автора, могут представлять описанные в работе опыт применения при бурении скважин на воду глинистых растворов, способы предотвращения и ликвидации аварий, конструкции и способы применения фильтров, приспособления для предупреждения и обнаружения искривлений скважин, приемы проходки скважин в определенных, в том числе и осложненных геологических условиях и ряд других, подсказанных практикой положений.

Учитывая отсутствие литературы по бурению скважин на воду вращательным способом и существующий разноречивый в сооружении таких скважин, автор считает целесообразным поделиться своим опытом по всем затронутым вопросам буровой практики.

Так как в данной работе содержится описание проверенных на практике способов сооружения скважин, автор считает, что в це-

лом эта работа принесет известную пользу бурильщикам скважин на воду.

Все критические замечания и советы читателей автор примет с благодарностью.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА ВОДУ

Бурение эксплуатационных скважин на воду на транспорте производится двумя методами: а) вращательным, б) ударно-канатным.

Бурение скважин ударным методом производится станками типа Пузиновского с нефтяными двигателями мощностью 22 л. с., а также станками УКС-22 и УКС-20. Эти станки и двигатели общеизвестны.

Вращательный метод бурения, более механизированный, дает возможность бурить более глубокие скважины с более высокими скоростями, поэтому в настоящее время он получил широкое распространение.

На транспорте вращательное бурение скважин на воду осуществляется в основном передвижными буровыми установками РА-400, где все буровое оборудование размещается на двух прицепах с колесно-гусеничным ходом. Станки РА-400, изготовленные вначале для нефтяной промышленности, оказались наиболее пригодными и отвечающими техническим требованиям при бурении скважин на воду.

На одном прицепе (рис. 1) устанавливаются лебедка, ротор и бескомпрессорный четырехтактный двигатель М-17-ЧТЗ мощностью 65 л. с. с трансмиссией. На втором прицепе (рис. 2) смонтированы два грязевых насоса НГ-4 производительностью 15 л/сек каждый с максимальным давлением до 30 атм, двигатель той же марки, коробка скоростей, глиномешалка и трансмиссия. Грузоподъемность агрегата при оснастке талей 3×4—28 т.

Вес оборудования на каждом прицепе не превышает 11 т

При бурении скважин на воду для нужд железнодорожного транспорта буровое оборудование приходится часто перебрасывать с одной станции на другую. Перевозка по железной дороге на платформах не вызывает затруднений. Однако переброска такого оборудования, как станок РА-400, от железнодорожной станции к месту бурения часто представляет серьезные трудности.

Содержание специального трактора для переброски станков РА-400 нерентабельно, так как неизбежны длительные простои его. Передвижка же их вручную крайне трудоемка и не всегда возможна. Все это заставило внести в конструкцию станка дополнение для обеспечения его самоходности. С этой целью была использована ходовая часть гусеничного трактора ЧТЗ-65. На

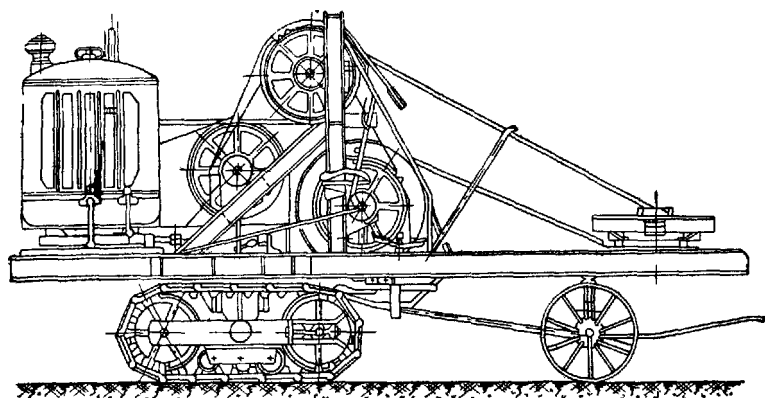


Рис. 1. Роторный прицеп бурового станка РА-400

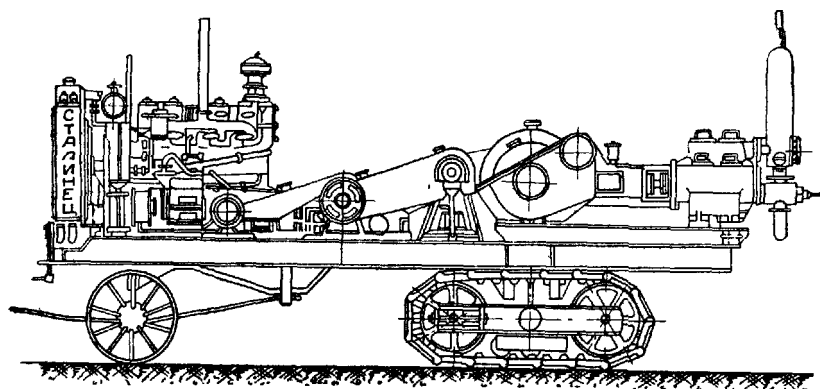


Рис. 2. Насосный прицеп бурового станка РА-400

трансмиссионном валу каждого агрегата были установлены передаточные звездочки, при помощи которых цепями Галля движение передавалось от агрегата на осевые валы ходовой части.

Впервые самоходные станки РА-400 были изготовлены в 1948 г. московским ремонтно-механическим заводом «Трансводстрой» и получили название РБ-400/ТВС.

Испытание ходовой части обоих прицепов показало, что буровой самоходный станок РБ-400/ТВС движется вперед со скоростью 4 км в час и назад со скоростью 2 км в час. Нагрева в подшипниках ходовой тележки не происходит. Повороты при

движении вперед производятся под любым углом, почти на месте; повороты при движении назад производятся под любым углом при радиусе в 15 м. Это объясняется тем, что тормоза действуют только при движении вперед. Для сокращения радиуса кривой поворота при движении назад под одну из гусениц подкладывается башмак.

Погрузка станка РБ-400/ТВС на железнодорожные платформы производится по настилу, установленному под углом 20—25° к горизонту.

Реконструкция станка РА-400 намного облегчила и удешевила его переброску с одного места работы на другое и существенно сократила связанные с этим простои. Практика показывает, что, несмотря на устаревшую конструкцию, станок РА-400 является наиболее приемлемым для бурения скважин на воду глубиной до 400 м и с начальным диаметром до 21³/₄".

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ

Ввиду того что в условиях железнодорожного транспорта вращательное бурение скважин зачастую приходится производить на отдаленных друг от друга станциях, для приготовления глинистого раствора на каждом очередном объекте изыскивают и применяют местную глину.

Разнообразие глин, а следовательно и глинистых растворов, обусловило выработку требований к качеству глинистого раствора, обеспечивающему как временное крепление, так и последующую быструю разглинизацию стенок скважины. Глинистый раствор, применяемый при бурении скважин на воду, должен при нормальной вязкости удовлетворять следующим требованиям: быть коллоидальным (т. е. содержать частицы глины во взвешенном состоянии), не содержать песка и иметь удельный вес, соответствующий гранулометрическому составу бурящихся пород.

Глинистый раствор очищает забой скважины от разбуренной породы и выносит ее на поверхность, охлаждает долото во время разрушения породы, глинизирует стенки скважины и придает им устойчивость. В случае прекращения циркуляции частицы разбуренной породы, находящиеся в коллоидальном глинистом растворе, удерживаются в нем во взвешенном состоянии и не оседают на забой скважины. Поэтому нет опасений, что при прекращении циркуляции буровой инструмент будет прихвачен осевшим на забой шламом.

Водосодержащие пески, как показала практика бурения, имеют мощность в среднем от 10 до 50 м; на их бурение затрачивается от 8 до 30 часов. За такой короткий промежуток времени циркулирующий в скважине коллоидальный глинистый раствор удельного веса 1,25—1,3 не успевает глубоко проникнуть в стенки скважины, а лишь создает тонкую корку. Глинистая корка за-

тем легко отделяется от стенок скважины при повторной промывке ствола скважины глинистым раствором удельного веса 1,1—1,15.

В табл. 1 приведены удельные веса глинистых растворов, применяемых при проходке различных пород.

Таблица 1

| Наименование породы | Удельный вес |
|---|--------------|
| Пески сухие | 1,15—1,18 |
| Пески, содержащие непригодную воду | 1,15—1,18 |
| Пески водоносные (эксплуатационные) | 1,25—1,3 |
| Мел слабый | 1,2 |
| Известняки с мелкими трещинами | 1,25—1,3 |
| Известняки монолитные | 1,2 |

Наличие песка в поступающем в скважину глинистом растворе снижает способность последнего выносить породу, а абразивные свойства частиц песка приводят к разрушению и быстрому износу насоса, бурильных труб и шлангов.

На транспорте при бурении скважин на воду замеряют следующие параметры глинистых растворов: коллоидальность, процентное содержание песка, удельный вес и вязкость.

Определение коллоидальности

Нами уже отмечалось, что в коллоидальном глинистом растворе частицы глины находятся во взвешенном состоянии. Коллоидальность глинистого раствора обычно определяют по отстою воды в нем. Определение производится с помощью градуированных стаканов или пробирок. Показатель коллоидальности (отстоя) выражается в процентах от высоты первоначального столба раствора

Определение отстоя рекомендуется производить следующим образом: в мерный стаканчик наливают 100 см³ глинистого раствора. Через 24 часа измеряется столбик отстоявшейся воды. Принимая налитое количество раствора за 100%, определяют в процентах суточный отстой воды. Если чистой воды над глинистым раствором отделилось 10 см³, то отстой считают равным 10%.

Нормальный глинистый раствор должен давать не более 4% отстоя.

Определение процентного содержания песка

Разрушенная в процессе бурения порода выносится на поверхность циркулирующим в скважине глинистым раствором.

Для определения количества песка в глинистом растворе (в %) применяют мензурку Лысенко, представляющую собой стеклянный сосуд, градуированный до 500 см³ и имеющий в верхней части пробку.

В мензурку наливают 50 см^3 испытуемого глинистого раствора и доливают водой до общего объема 500 см^3 . Смесь взбалтывают и мензурку устанавливают в штативе в вертикальном положении. По истечении 1 мин. по шкале в нижней части мензурки отсчитывают количество осевшего песка. Полученное на шкале число умножают на 2. Таким образом, получается объем песка, содержащийся не в 50 см^3 , а в 100 см^3 глинистого раствора. Нормальный глинистый раствор должен содержать не более 5% крупных частиц.

Определение удельного веса

Для определения удельного веса глинистого раствора наиболее часто применяют ареометр Михайлова (рис. 3), предназначенный для определения удельного веса раствора до $1,6 \text{ г/см}^3$. Ареометр состоит из стакана 1 с крышкой 2 и поплавка трубки 3 со шкалой 4 в верхней части трубки, припаянной к дну стакана. Шкала имеет пределы от 1 до $1,5 \text{ г/см}^3$ с градуировкой через каждые $0,02 \text{ г/см}^3$.

Для измерения удельного веса ареометр обмывается водой и с поднятой крышкой осторожно погружается в глинистый раствор до полного заполнения стакана. Затем, не вынимая стакана из глинистого раствора, ареометр плотно закрывают крышкой и извлекают, после чего тщательно обмывают и опускают в сосуд с чистой водой. Деление, до которого погрузился ареометр, показывает удельный вес глинистого раствора.

По окончании измерения ареометр должен быть освобожден от глинистого раствора и вымыт. Все ареометры перед каждым измерением должны быть проверены. При наполнении стакана водой ареометр должен показывать по шкале «1,0». В случае отклонения от 1 г/см^3 ареометр подлежит ремонту.

Нормальные удельные веса глинистых растворов даны в табл. 1.

Определение вязкости

Для определения вязкости глинистого раствора применяется стандартный полевой вискозиметр СПВ-5 (рис. 4), который состоит из воронки 1 с ручкой, оканчивающейся трубкой 2. Длина трубки 100 мм, внутренний диаметр 5 мм. Высота воронки 300 мм, диаметр большого конуса 150 мм, малого 5 мм. В комплект вискозиметра входят мерная кружка 3 с ручкой и сосуд с сеткой 4. Кружка разделена внутренней перегородкой на два отделения объемом 200 и 500 см^3 . Время истечения из вискозиметра 500 см^3 воды составляет 15 сек. и называется водным числом вискозиметра.

Вязкость глинистого раствора определяется следующим образом: воронку и кружку промывают водой, на воронку накладывают сосуд с сеткой для задержания крупных частиц песка и

комочков глины. Закрыв пальцем нижнее отверстие воронки, мерной кружкой в нее наливают сначала 200, а затем 500 см^3 глинистого раствора. После этого мерную кружку подставляют под воронку отделением в 500 см^3 . Затем одновременно отнимают

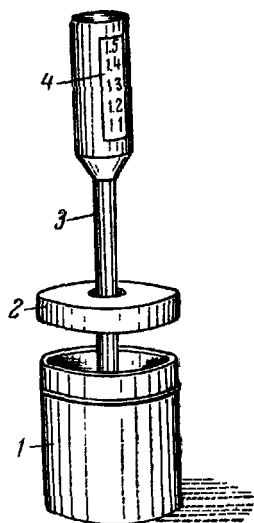


Рис. 3. Ареометр Михайлова

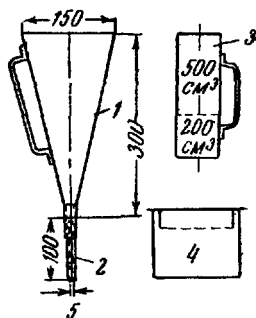


Рис. 4. Вискозиметр СПВ-5

палец от нижнего отверстия трубки и пускают секундомер. Время истечения глинистого раствора в кружку, до краев ее, исчисляемое в секундах, будет характеризовать вязкость глинистого раствора.

Для нормального (без осложнений) процесса бурения скважин на воду глинистый раствор должен обладать: отстоем не более 4%, содержанием песка не более 5%, вязкостью в 18—22 сек. по СПВ-5. При этих данных удельный вес глинистого раствора может быть в пределах от 1,1 до 1,3 $\text{г}/\text{см}^3$.

Очистка глинистого раствора

Глинистый раствор, как и любая промывочная жидкость, должен освобождаться от вынесенных им из скважины частиц породы. Если не принимать мер к очистке глинистого раствора, то он в сравнительно короткое время настолько обогатится выбуренной породой, что станет не пригодным для бурения. Наличие обломков в глинистом растворе, поступающем в скважину, снижает его способность выносить выбуренную породу и вызывает преждевременный износ бурового оборудования и прежде всего грязевых насосов.

Для очистки глинистого раствора чаще всего пользуются системой желобов и отстойников (рис 5).

Глинистый раствор, выходящий из скважины 1, проходит через отстойники 2, 3 и желоба 4, установленные в земле. Желоба применяются деревянные, прямоугольного сечения, размерами: ширина 40—50 см, высота 35—40 см и длина 3—6 м; уклон желобов 1:100. В желобах имеются перегородки 7, высотой 20—25 см, установленные под углом 60° к направлению движения глинистого раствора. Отстойники имеют размер 1,0×1,0×1,0 м. В отстойниках и желобах глинистый раствор меняет свое направление и скорость, благодаря чему осаждается песок. Отстойники и желоба необходимо периодически очищать от осадка. Из отстойников и желобов глинистый раствор попадает в чан 5А, откуда, окончательно освободившись от песка, поступает в сообщающийся с ним приемный чан 5Б, из которого очищенный глинистый раствор насосом 6 вновь закачивается в скважину. Приемные чаны деревянные, прямоугольного сечения, размером 1,5×2,5×2,5 м, так же как желоба и отстойники, находятся в земле.

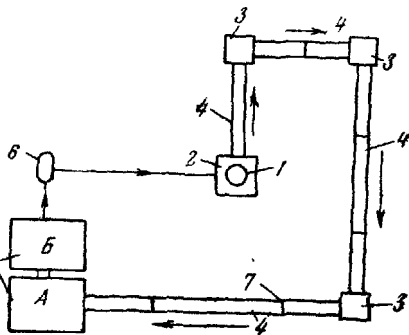


Рис. 5. Схема циркуляционной системы

Очистка глинистого раствора указанным способом при вращательном бурении скважин глубиной 200—300 м на транспорте вполне себя оправдала.

ТЕХНОЛОГИЯ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА ВОДУ

Бурение в рыхлых породах

К рыхлым, сыпучим породам в большинстве случаев относятся пески различного гранулометрического состава. Эти пески могут быть: а) сухими, б) содержащими не пригодную для употребления воду, в) содержащими пригодную воду.

Бурение в сухих песках и песках, содержащих не пригодную для употребления воду, производится долотами типа РХ с промывкой забоя скважины глинистым раствором.

Пески сухие и пески, содержащие не пригодную для употребления воду, необходимо изолировать от нижележащих пород, содержащих пригодную воду, обсадными трубами с цементацией затрубного пространства. Необходимо также, чтобы при бурении указанных песков глинистый раствор проникал как мож-

но глубже в стенки скважины и создавал на них прочную глинистую корку, служащую препятствием для разрушения стенок скважины, а также для движения воды из пласта в скважину

Практикой установлено, что такие пески надо проходить с промывкой глинистым раствором удельного веса 1,15—1,18. Если пески насыщены сильно минерализованными водами, к глинистому раствору следует добавлять жидкое стекло (силикат натрия) из расчета 20—30 кг жидкого стекла на 1 м³ глинистого раствора. Жидкое стекло вступает во взаимодействие с растворенными солями и образует твердые вещества.

Бурение песков, содержащих пригодную воду, производится долотами типа РХ с промывкой забоя скважины глинистым раствором. Пески, содержащие пригодную воду, перекрываются сетчатыми фильтрами; при этом следует избегать проникания глинистого раствора в глубь стенок скважины, ибо образование цементированной глинистой корки в стенках скважины в дальнейшем будет препятствовать разглинизации скважины и приведет к закупорке сетчатых фильтров, а следовательно, к сокращению притока воды из пласта в ствол скважины и значительному снижению ее дебита. Чем выше коллоидальность глинистого раствора, тем на меньшую глубину он проникает в стенки скважины. Поэтому пески, содержащие пригодную воду, бурятся с промывкой глинистым раствором повышенного (1,25—1,3) удельного веса, высокой коллоидальности и значительной вязкости.

Перед спуском сетчатого фильтра в законченную бурением скважину вязкий глинистый раствор повышенного удельного веса полностью заменяется жидким раствором удельного веса 1,15; это в дальнейшем предохраняет фильтр от заиливания глинистым раствором и способствует более быстрой разглинизации скважины в процессе пробной откачки.

При такой технологии бурения отдача воды песками будет максимальной.

Бурение в пластичных породах

Типичным представителем пластичной породы является глина. Вращательное бурение глин производится долотами типа РХ. Если глинистые пласты залегают прямо с поверхности, обладают достаточной мощностью и пригодны для приготовления глинистого раствора, то бурение ведется с промывкой чистой водой. Стружка глины, срезаемая острыми перьями долота, приходит в соприкосновение с водой, закачиваемой в забой скважины, и при помощи вращающегося бурового инструмента превращается в глинистый раствор. Скорость углубки долота в забой зависит от плотности глины, от давления инструмента на забой и числа оборотов инструмента.

Нельзя допускать, чтобы процесс углубления долота в забой опережал переход срезанных кусков глины в раствор, ибо это

может привести к накоплению глины в призабойной зоне. Вследствие вращения долота отдельные куски глины соединяются друг с другом и постепенно образуют сальник на долоте и над долотом. Очень часто сальники достигают значительных размеров, из-за чего инструмент начинает прихватывать и углубка его становится затруднительной. В этом случае попытки извлечь бурильный инструмент из скважины часто приводят к уплотнению сальника над долотом и к прекращению циркуляции промывочной жидкости. Скважина переходит в аварийное состояние. Чтобы избежать образования сальников на долоте и связанных с этим осложнений при бурении глин, бурильный инструмент следует держать на весу и срезать сравнительно тонкую стружку глины.

Образование сальника на долоте затрудняет движение промывочной жидкости от забоя к устью скважины и ведет к повышению давления, поэтому при бурении плотных глин следует внимательно следить за изменениями в показаниях манометра на грязевом насосе.

При повышении давления на манометре необходимо путем расхаживания инструмента в скважине вверх и вниз и разбавления глинистого раствора чистой водой ликвидировать сальник на долоте.

Бурение в водоносных известняках

При бурении водоносных известняков с частыми большими трещинами промывочная жидкость обычно полностью поглощается трещинами, и уровень жидкости в скважине устанавливается на отметке статического уровня водоносного горизонта. Применение глинистого раствора в данном случае становится излишним и даже вредным, так как приводит к загрязнению водоносного пласта глиной. Поэтому бурение производится с промывкой чистой водой. Частицы скальваемой породы перемалываются шарошечными долотами и уносятся водой в трещины водоносного горизонта. Скважины, пробуренные в известняках с полным поглощением промывочной жидкости, почти во всех случаях водообильны.

Очень часто после пересечения скважиной большой трещины бурение продолжается в плотных известняках. Когда забой скважины углубится на 10—15 м ниже трещины, вода не в состоянии поднять выбуренные частицы породы до трещины¹. Эти частицы породы скапливаются возле забоя и препятствуют ведению нормального процесса бурения. Если в этом случае поднять бурильный инструмент от забоя на длину квадрата, то при последующем его опускании долото не доходит до забоя на 3—5 м, так как шлам, находящийся в скважине во взвешенном состоянии, начинает быстро осаждаться и вместе с крупными частицами

¹ Это объясняется большими диаметрами скважины и недостаточной производительностью насосов.

породы создает пробку, мешающую спуску долота. Дальнейшее бурение может привести к зашламованию бурильного инструмента. Поэтому необходимо периодически останавливать бурение с целью выяснения, образовалась ли на забое пробка. При обнаружении пробки нужно немедленно принять меры к ее ликвидации.

Удаление шлама из забоя можно осуществлять тремя способами:

1) при производстве промывки скважин одним насосом следует включать в работу второй (запасной) насос. Закачивая в забой большее количество воды, увеличиваем и скорость ее движения в стволе скважины, благодаря чему осевший на забое шлам поднимается до ближайших трещин;

2) очень часто в качестве промывочной жидкости применяется глинистый раствор повышенного удельного веса ($\gamma-1,3$), обладающий большой несущей способностью. Двигаясь от забоя кверху и поглощаясь трещиной, глинистый раствор увлечет за собой весь разбуренный шлам и, таким образом, ликвидирует образовавшуюся пробку;

3) удаление шлама из забоя можно также периодически осуществлять желонкой, но это трудоемкая операция, требующая большого количества времени.

Бурение известняков с мелкими трещинами следует производить с промывкой глинистым раствором повышенного удельного веса ($1,25-1,3$) и значительной вязкости, так как при бурении с промывкой жидким глинистым раствором или чистой водой вскрытие мелких трещин сопровождается частичным поглощением промывочной жидкости. Поглощение легко обнаружить по понижению уровня промывочной жидкости в отстойниках, если для этого прекратить углубку бурильного инструмента в забой. По мере углубки скважины поглощение промывочной жидкости будет возрастать и, наконец, наступит такой момент, когда вскрытые бурением трещины полностью поглотят промывочную жидкость. Частицы разбуренного шарошечными долотами известняка промывочная жидкость будет относить в мелкие трещины пласта на различные расстояния (в зависимости от размера трещин). Эти частицы заполняют трещины, спрессовываются там и полностью их закупоривают. Поглощение промывочной жидкости этими трещинами становится затруднительным, а иногда совсем прекращается; циркуляция промывочной жидкости в скважине возобновляется. Законченная бурением такая скважина может оказаться и безводной, несмотря на водообильность пересеченных ею известняков. Это объясняется тем, что пробной откачкой воды невозможно вымыть спрессовавшиеся в трещинах водоносного известняка частицы породы. Вследствие закупорки трещин водоотдача пласта становится минимальной, и картина истинной водообильности горизонта искажается: удельный дебит при пробных откачках получается очень низким.

Следовательно, при бурении в мелкотрещиноватых известняках происходит поглощение промывочной жидкости, вначале незначительное, а затем постепенно нарастающее и переходящее в полное при отсутствии на забое скважины большого количества шлама, мешающего проходке. При этом в продолжение всего процесса бурения скважины почти не наблюдается выноса шлама на поверхность.

В случае частичного поглощения скважиной глинистого раствора, последний нельзя разбавлять водой, так как это вызывает усиление поглощения его трещинами пласта; наоборот, следует повысить вязкость и коллоидальность глинистого раствора, что поможет восстановить нормальную циркуляцию. Глинистый раствор при движении от забоя к устью скважины вынесет выбуренные частицы известняка на дневную поверхность. Промывка скважины чистой водой по окончании бурения, тартание желонкой и интенсивная откачка освобождают трещины и поры пласта от глинистого раствора и восстанавливают водоотдачу

ОБОРУДОВАНИЕ СКВАЖИН ВОДОПОДЪЕМНИКАМИ

По окончании бурения каждая скважина оборудуется водоподъемником, выбор которого зависит от положения расчетного динамического уровня по отношению к дневной поверхности. При неглубоком положении динамического уровня скважина оборудуется центробежным насосом с горизонтальной осью.

В случае, когда динамический уровень располагается ниже пределов всасывания горизонтального центробежного насоса, скважина оборудуется одним из следующих глубоководных водоподъемников.

Штанговые насосы предназначаются главным образом для малых расходов воды. Насосы этого типа на транспорте почти не применяются.

Вертикальные глубоководные центробежные насосы двух видов:

а) насосы с электродвигателем, установленным над устьем скважины, и длинным валом;

б) насосы с погружным электродвигателем, непосредственно соединенным с насосом.

В настоящее время на транспорте по окончании бурения и опытной откачки в большинстве случаев скважины оборудуются вертикальными глубоководными насосами с электродвигателем, устанавливаемым над скважиной. Такие насосы исправно работают в течение многих лет. Наибольшее распространение получили установки АТН-8, АТН-10 и АТН-14, представляющие собой серию однотипных глубинных насосов с водяной смазкой резиновых подшипников приводного вала.

Характеристика насосов типа АТН приведена в табл. 2.

Таблица 2

| | Тип насоса | | | | |
|---|------------|--------|--------|--------|--------|
| | АТН-8 | АТН-10 | АТН-12 | АТН-14 | АТН-16 |
| Наименьший диаметр эксплуатационной колонны, дюймы | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| Рекомендуемый диаметр эксплуатационной колонны, дюймы | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| Производительность, м ³ /час | 30 | 70 | 120 | 200 | 400 |
| Напор, м водяного столба | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Число рабочих колес | 20 | 13 | 7 | 6 | 5 |
| Мощность электродвигателя, квт | 20 | 40 | 60 | 105 | 175 |
| Число об/мин. | 1460 | 1470 | 1450 | 1450 | 1460 |
| Вес в собранном виде, кг | 3375 | 5525 | 7550 | 10100 | 12800 |

За последние годы стали внедряться более совершенные насосы — с погружным электродвигателем. Наиболее простым глубоководным водоподъемником является эрлифтная установка, приводимая в действие компрессором, но эрлифт обладает низким к. п. д. Отклонение оси скважин от вертикали не служит препятствием для установки штанговых насосов, насосов с погружным электродвигателем и эрлифта, а для нормальной работы глубоководных центробежных насосов с электродвигателем, установленным над скважиной, необходимо, чтобы ось вала насоса была строго вертикальной, корпус насоса погружался до динамического уровня и скважина не давала песка.

В случае, если ось скважины в процессе бурения отклонится от вертикали, диаметр рабочей колонны должен быть настолько больше корпуса насоса, чтобы можно было монтировать ось вала насоса вертикально. Последнее условие приводит к слишком большим начальным диаметрам скважин (от 24 до 28"), что сложно технически и поэтому нерационально.

Перед установкой насоса типа АТН в скважину необходимо проверить вертикальность ее оси до глубины погружения насоса. Если ось вала центробежного насоса будет установлена не вертикально, неизбежны его поломки и износ направляющих подшипников. Поэтому основным требованием к законченной бурением скважине является вертикальность ее оси.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОСТИ СКВАЖИН

При вращательном бурении искривление вертикальных осей скважин достигает больших величин (особенно в случаях переходов из менее крепких пород в категорию пород большей крепости). Отклонению способствуют большая разница в диаметрах наконечников, производящих бурение (от 15³/₄ до 23³/₄"), и бу-

рильных труб (6 и 4"), а также то обстоятельство, что вращательное бурение производится без непосредственного направления у долота, и бурильный инструмент может вслед за долотом отклониться в любую сторону.

До последнего времени при бурении на воду не производилось измерения искривлений скважин и о них (искривлениях) судили по препятствиям в процессе обсадки труб. Скважина считается явно кривой лишь в том случае, если колонну обсадных труб не удается обсадить в скважину на необходимую глубину. Тогда скважину исправляют до такого положения, при котором удастся обсадить трубы.

Если же обсадная колонна труб достигает необходимой глубины без препятствий, то скважина считается вертикальной. Однако беспрепятственная обсадка труб в скважину не всегда может служить критерием вертикальности оси скважины, так как последняя может быть забурена наклонно почти с поверхности и с углублением забоя отклонение ее от вертикали будет возрастать. Свободно опущенный в такую наклонную скважину глубоководный центробежный насос также будет находиться в ней в наклонном положении, а следовательно, его работа будет непродолжительной.

Проверку вертикальности осей скважин производят следующим простым способом (см. рис. 6). В законченную бурением и обсаженную трубами скважину спускается до глубины погружения насоса колонна труб 1 диаметром 4", имеющая глухой конец и не пропускающая внутрь жидкости; направляющие ребра 2 центрируют ее в обсадных трубах 3. Затем в трубу на проводе 4 спускается электрический фонарь 5 в металлической оправе и с поверхности земли с помощью теодолита производятся наблюдения за положением электрического фонаря. Если электрический фонарь все время будет находиться в поле зрения, то такую скважину следует считать прямой, в противном случае — скважина искривлена. Замерив искривление оси скважины на какой-либо определенной глубине, можно вычислить приближенно и дальнейшее искривление ее на интересующей нас глубине¹.

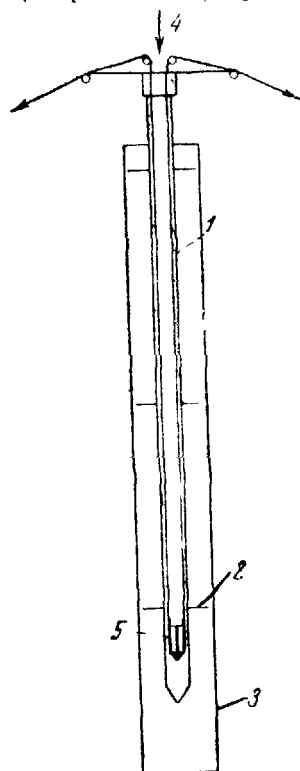


Рис. 6. Снаряд для определения искривления скважин

¹ При условии постоянства радиуса искривления.

Для сохранения вертикальности оси скважины в процессе бурения важное значение имеет правильная забурка ее и строго вертикальная установка направляющей трубы в специально вырытом для этого шурфе сечением $1,5 \times 1,5$ м и глубиной от 3 до 4 м. Установка производится по отвесу, после чего направляющая труба расклинивается в шурфе досками, а шурф бутится камнем и заливается цементным раствором.

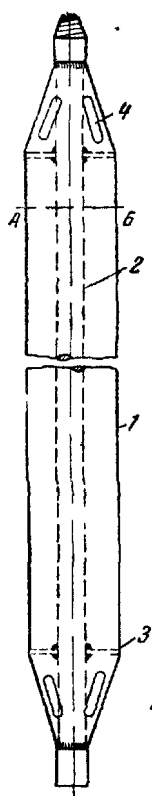


Рис. 7. Направляющий фонарь

Однако установка направляющей трубы, обеспечивающая вертикальную забурку скважины, не может обеспечить сохранения вертикальности ее оси в процессе бурения.

В 1951 г. автором было предложено приспособление—направляющий фонарь, который в процессе бурения сохраняет заданное направляющей трубой вертикальное направление оси скважины, способствует устойчивости стенок и облегчает проходку пород с включением гальки и валунов.

На рис. 7 показан фонарь диаметром 16", представляющий собой обсадную трубу 1 длиной 6 м, надеваемую на бурильную трубу 2 диаметром 6". Фонарь имеет конические концы, привариваемые к бурильной трубе, и по отношению к бурильной трубе располагается концентрично, что достигается благодаря поперечным фланцам 3, привариваемым в нескольких местах к бурильной трубе. Фланцы, так же как и конические концы фонаря, имеют отверстия 4, через которые внутренняя полость направляющего фонаря заполняется жидкостью, находящейся в скважине. Заполнение фонаря глинистым раствором или водой обязательно, так как в противном случае фонарь представлял бы собой поплавок.

Направляющий фонарь, спущенный в скважину и погруженный в жидкость, теряет в весе сравнительно немного и этой потерей можно без больших погрешностей пренебречь. Вес фонаря является дополнительной нагрузкой на долото и способствует увеличению скорости бурения в твердых породах. Для увеличения веса фонаря, а следовательно, и давления на забой при проходке твердых пород внутреннюю полость его можно заполнять цементным раствором. Это даст дополнительное давление на долото до 1,5 т.

При бурении твердых пород фонарь служит хорошим направляющим приспособлением и даже при изменении твердости пород сохраняет заданное вертикальное направление оси скважины. При бурении моренных и подморенных пород, включающих крупную гальку и валуны, направляющий фонарь позволяет осу-

шествять их проходку без осложнений. Коническая часть фонаря, следуя за долотом, оттесняет гальку и разбуренную часть валунов к стенкам скважины, а цилиндрическая часть, производя при своем вращении частые удары о стенки скважины, утрамбовывает в них выбуренную породу. Кроме того, вращаясь вокруг своей оси, фонарь затирает и шлифует стенки скважины глинистым раствором. Таким образом, при бурении с направляющим фонарем вся выбуренная масса не осыпается и не тормозит бурения.

Практика показала, что бурение с направляющим фонарем ведется плавно, инструмент работает без рывков и раскачивания, что благоприятно влияет на работу ротора. Следует отметить, однако, что при отсутствии циркуляции промывочной жидкости в скважине (вследствие поглощения) применять фонарь для бурения рискованно, так как возможны его зашламовка и заклинка. В этом случае по окончании бурения необходимо произвести вторичную проработку ствола скважины с направляющим фонарем.

БУРЕНИЕ ФОНТАНИРУЮЩИХ СКВАЖИН

При бурении скважин на воду нередко происходит самоизлив воды на поверхность. Некоторые скважины фонтанируют весьма бурно, что сильно затрудняет их проходку.

Автором разработан метод комбинированного вращательно-ударного бурения фонтанирующих скважин. На рис. 8 дана схема конструкции фонтанирующей скважины, пробуренной вращательно-ударным способом на одной из станций Октябрьской железной дороги.

Эксплуатации подлежали межморенные водоносные отложения, представленные галькой и гравием с примесью крупнозернистого песка и залегающие на глубине 56—70 м от поверхности.

Вначале бурение велось вращательным станком типа РА-400, долотом РХ диаметром 21 $\frac{3}{4}$ " с применением глинистого раствора. Первая колонна обсадных труб 1 диаметром 18" была спущена на глубину 31 м, с производством затрубной под давлением цементации от башмака колонны до устья скважины.

После затвердения цементного раствора, бурение продолжалось долотом РХ диаметром 17 $\frac{3}{4}$ ". Вторая колонна обсадных труб 2 диаметром 15 $\frac{3}{4}$ " была спущена на глубину 50 м с производством затрубной под давлением цементации от забоя до устья скважины.

По окончании цементации обсадных труб вокруг устья скважины соорудили шахту, размером 2×3×3 м с бетонным полом и стенами. У пола шахты обе колонны обсадных труб срезали автогенем. На обрезанный конец труб диаметром 18" приварили фланец 3, на котором была установлена задвижка Лудло диаметром 20".

Во избежание фонтанирования скважины в момент вскрытия водоносного горизонта, к верхнему фланцу задвижки Лудло при-

варили обсадную трубу 4 диаметром $15\frac{3}{4}$ " , верхний конец которой находился на высоте 20 м от поверхности земли. На высоте 1 м от поверхности земли эта труба имела боковой отвод 5 с задвижкой Лудло диаметром 12" .

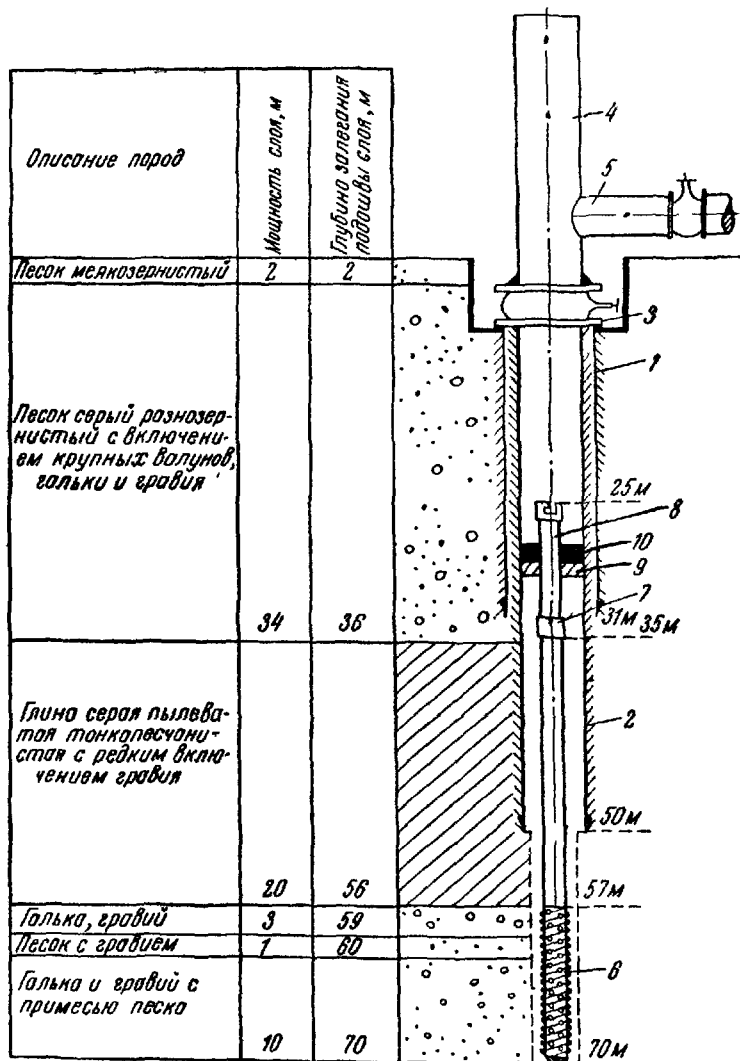


Рис. 8. Конструкция фонтанирующей скважины

Дальнейшее бурение скважины с глубины 50 м производилось ударным методом, станком типа ВИРТ, установленным в деревянной буровой вышке высотой 28 м. Сооруженная в самом начале работ вышка вполне подходила как для вращательного, так

и для ударного бурения. Бурение производилось со специальных полатей, расположенных на высоте 20 м над поверхностью земли. Для закрепления скважин были использованы короткие обсадные трубы диаметром 12", длиной 3,5—4 м. На глубине 56 м был вскрыт водоносный горизонт, и вода по этим трубам поднялась на 20 м над поверхностью земли.

До глубины 70 м бурение было продолжено с полатей, с одновременной обсадкой трубами диаметром 12".

По окончании бурения в скважину была опущена фильтровая колонна труб 6 диаметром 8", и обсадные трубы диаметром 12" из скважины были извлечены. Вслед за этим верхняя часть фильтровых труб, имеющая на глубине 35 м левую муфту 7, была в ней отвернута и извлечена из скважины.

С целью предупреждения возможного пескования скважины в кольцевое пространство между обсадными трубами диаметром 15³/₄" и фильтровой колонной труб диаметром 8", в скважину была спущена на ключе и замке дополнительная 10-метровая колонна труб диаметром 8" с пеньковым сальником 9, полностью закрывающим указанное кольцевое пространство. После навинчивания этой колонны на муфту фильтровых труб ключ и штанги были извлечены из скважины. По окончании всех этих операций в пространство над пеньковым сальником через заливочные трубки диаметром 2" был налит цементный раствор 10. Затвердевший над пеньковым сальником цемент сделал невозможным проникание в скважину песка через кольцевое междутрубное пространство.

Скважина была сдана в эксплуатацию после пробной откачки воды самоизливом через боковую задвижку Лудло.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ БУРЕНИИ

Цементация ствола скважины под давлением

При бурении скважин на воду нередко встречаются пропластки мергеля, мергелистой глины и доломита, мощностью от 2 до 15 м.

Сухой мергель и мергелистая глина — устойчивые породы, но при соприкосновении с жидкостью разрушенные мергель, мергелистая глина и глинистые доломиты разбухают, сползают со стенок скважины и образуют уплотнения над долотом, препятствующие подъему бурильного инструмента из скважины. При этих обстоятельствах попытки извлечь бурильный инструмент часто приводят к еще большему его затягиванию, потере циркуляции и даже к авариям, на ликвидацию которых затрачивается большое количество времени (от недели до нескольких месяцев). Прихваченный разбухшей породой бурильный инструмент приходится обуривать колонной обсадных труб.

Для борьбы с оплыванием и оползанием пород со стенок скважин на транспорте применяется цементация ствола скважины под давлением (рис. 9). Производится это следующим образом. Пробурив толщу мергелей или доломита, через бурильный инструмент на забой скважины закачивают цементный раствор. Объем закачиваемого в скважину цементного раствора должен быть на 30—40% больше объема выбуренной породы. Затем из скважины извлекают бурильный инструмент и закачиванием воды через заливочную головку, наверхнутую на устье обсадной трубы, производят давление на цементный раствор, находящийся в скважине. По количеству закачанной в скважину воды судят о перемещении цементного раствора в забой и стенки скважины.

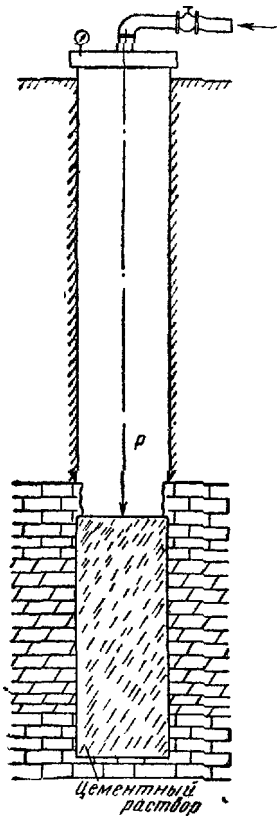


Рис. 9. Схема цементации скважины против обвалов

Цементный раствор, проникший под давлением в стенки скважины и затвердевший там, предохраняет последние от разбухания и оползания. Поэтому после разбурки цементной пробки обычно явление оползания и оплывания стенок не наблюдается.

Цементация стенок скважины обеспечивает в дальнейшем беспрепятственную обсадку труб и гарантирует затрубную под давлением цементацию ствола скважины.

Цементация трещин

Одним из требований, предъявляемых к скважинам, бурящимся на воду, является обеспечение в них изоляции водоносных горизонтов друг от друга. Пройденные вращательным бурением водоносные горизонты изолируются обсадными трубами от нижележащих водоносных горизонтов, подлежащих эксплуатации. Изоляцию осуществляют при помощи затрубной под давлением цементации обсадных труб с подъемом цементного раствора за башмак колонны на необходимую высоту.

Для качественного выполнения цементации необходимо наличие в скважине затрубной циркуляции глинистого раствора. Поэтому, пробурив скважину до кровли эксплуатационного водоносного горизонта и обсадив ее трубами, на устье скважины надевают заливочную головку и в скважину закачивают глини-

стый раствор. Появление глинистого раствора на дневной поверхности за обсадными трубами обеспечивает дальнейшую качественную под давлением цементацию скважины.

В трещиноватых породах, полностью поглощающих промывочную жидкость, невозможно осуществить затрубную под давлением цементацию скважины, так как закачанный в скважину цементный раствор при продавливании его за обсадные трубы поглотится трещинами водоносного горизонта, не достигнув требуемой по проекту высоты.

Поэтому, как только циркуляция промывочной жидкости прекратится, немедленно приступают к ее восстановлению. Последнее в большинстве случаев достигается трамбовкой ствола скважины глиной. Однако трамбовка трещин глиной не всегда дает положительные результаты: в процессе дальнейшего бурения глина размывается циркулирующей в скважине промывочной жидкостью, и трещины вновь вскрываются.

При производстве бурения на транспорте был применен метод восстановления циркуляции промывочной жидкости, заключающийся в цементации трещин (рис. 10). Для этого, как только циркуляция промывочной жидкости прекратится, скважину углубляют бурением на 2—3 м. Затем, не поднимая бурильного инструмента на поверхность, закачивают на забой скважины необходимое количество цементного раствора, после чего бурильный инструмент извлекают из скважины.

Цементный раствор устанавливается на верхней грани трещины и полностью ее заполняет. Спустя три дня цемент разбуривается. Если циркуляция промывочной жидкости не восстановилась, следует повторить цементацию трещин.

Практика буровых работ показала, что цементация трещин способствует восстановлению циркуляции промывки и обеспечивает в дальнейшем качественное выполнение затрубной цементации под давлением.

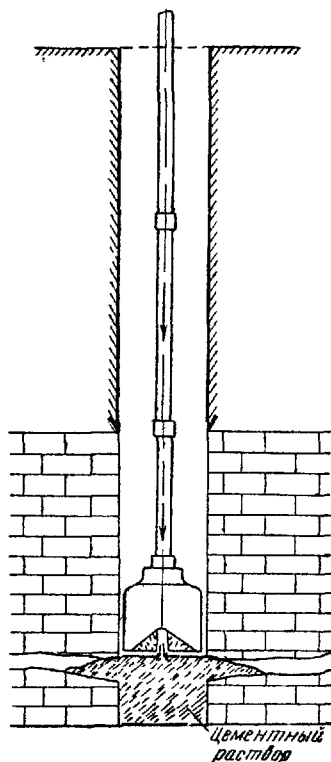


Рис. 10. Схема цементации трещин

Обсадка скважин трубами

Обсадка скважин трубами является одной из основных операций при сооружении скважин на воду. Она производится для предохранения стенок скважин от обвалов и для изоляции водоносных горизонтов друг от друга.

Для беспрепятственной обсадки скважины трубами необходимо, чтобы ось скважины была вертикальной, ствол ее был свободен от выбуренной породы и обсадные трубы при соединении друг с другом при помощи муфт не имели искривлений.

При ударном бурении обсадка скважин трубами в большинстве случаев производится в процессе бурения. При вращательном бурении обсадка скважин производится, как правило, через диаметр по окончании бурения.

Для крепления скважин применяются обсадные трубы, изготовляемые для нужд нефтяной промышленности (ГОСТ 632—50). Эти трубы рассчитаны на крепление глубоких скважин и имеют соединительные муфты с утолщенными стенками, которые, начиная с труб диаметром 10" и выше, не позволяют свободно пропускать колонну труб в колонну смежного диаметра. Между тем для крепления скважин ударного бурения, глубина которых не превышает 200 м, можно применять обсадные трубы и с тонкостенными муфтами, позволяющими пропускать колонну труб в колонну смежного диаметра. Однако заводы не выпускают труб с тонкостенными муфтами, поэтому организации, производящие ударное бурение на воду, вынуждены сами обтачивать муфты. На выполнение этой работы затрачивается много времени и усилий. Так как не всегда возможно обточить муфты, на большом количестве скважин ударного бурения производят обсадку труб через диаметр, что в большинстве случаев ведет к усложнению конструкции скважин за счет увеличения начального диаметра труб.

Бурение ударных скважин долотами большого диаметра влечет удорожание скважин, увеличение сроков бурения и излишние затраты металла. Обсадка скважин трубами через диаметр ведет также и к уменьшению диаметра эксплуатационной колонны труб и фильтра, что отрицательно влияет на установку глубинных центробежных насосов.

Практика бурения скважин подтвердила, что обсадку труб смежных диаметров в скважинах на воду можно осуществлять не только при ударном, но и при вращательном бурении.

На одной из подмосковных железнодорожных станций проектом предусматривалось по окончании бурения оборудовать скважину центробежным насосом типа АТН-10. С этой целью необходимо было известняки среднего карбона изолировать от водоносных известняков нижнего карбона эксплуатационной колонной труб диаметром 10", спускаемой на глубину 238 м.

Скважина была начата ударным бурением и на глубине 98 м была обсажена четвертой колонной труб диаметром 12". Стало очевидно, что при ударном методе бурения не удастся сохранить эксплуатационную колонну труб диаметром 10". Поэтому с глубины 98 м скважина была продолжена вращательным бурением станком РА-400 с промывкой глинистым раствором. До глубины 238 м бурение производилось шарошечными долотами диаметром 11³/₄" с направляющим фонарем диаметром 10".

Обсадная эксплуатационная колонна труб диаметром 10", спущенная в скважину, без препятствий достигла забоя. После обсадки скважины трубами диаметром 10" была произведена затрубная под давлением цементация. До проектной глубины скважина была добурена шарошечными долотами диаметром 9³/₄", а затем обсажена каркасной трубой диаметром 6".

Результаты бурения данной скважины с применением направляющего фонаря позволяют сделать вывод о возможности обсадки труб смежных диаметров в скважинах вращательного бурения средней глубиной до 350 м.

Применение обсадных труб с тонкостенными муфтами позволит уменьшить начальный диаметр бурения и увеличить диаметр эксплуатационной колонны и фильтра; кроме того, намного сократятся расход металла и затраты на сооружение скважин.

Разглинизация стенок скважин

Недостаточный дебит и даже отсутствие воды в скважинах, пробуренных вращательным методом с применением глинистого раствора, объясняются главным образом неправильной подготовкой скважины для опробования на водообильность.

Вращательное бурение скважин на воду в песках возможно только при условии применения глинистой промывки, так как вода не обеспечивает подъема выбуренных частиц породы на поверхность земли¹, способствует размыву стенок скважины, сложенных слабыми породами, вызывает обвалы и приводит к прихвату бурильного инструмента.

После окончания бурения водоприемную часть скважины следует оборудовать сетчатым фильтром. До спуска фильтра необходимо находящийся в стволе скважины глинистый раствор повышенного удельного веса заменить более жидким (с удельным весом, не превышающим 1,15). Такая замена глинистого раствора не вызывает обвалов стенок скважины, но в дальнейшем (при тартании и откачках) способствует более быстрой и полной разглинизации стенок.

Оборудовав ствол скважины сетчатым фильтром, нужно немедленно начать промывку скважины водой, а затем тартание воды желонкой. Тартание создает вакуум в стволе скважины,

¹ При насосах малой производительности.

что вызывает приток воды из пласта в скважину и способствует вымыванию глинистого раствора, оставшегося в кольцевом пространстве между фильтром и стенками скважины. Чем быстрее произойдет разглинизация, тем свободнее начнет протекать вода из пласта в скважину.

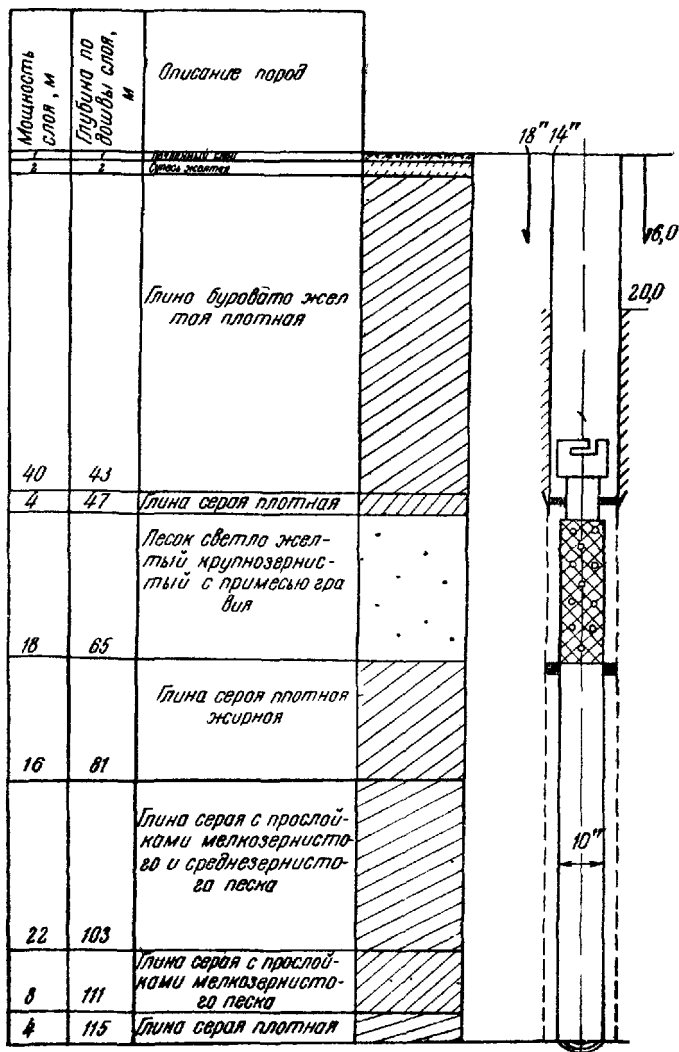


Рис. 11. Схема увеличения дебита скважины гартанием

На рис. 11 показана разведочно-эксплуатационная скважина, пробуренная на глубину 115 м с применением глинистого раствора. Скважина пересекла водоносный горизонт, представленный крупнозернистым песком, на глубине 47—65 м. В скважине

был произведен электрокароттаж. Откачка эрлифтом при незначительном дебите скважины привела к значительному снижению статического уровня воды, что вызвало необходимость тартания воды желонкой. В результате тартания в течение 6—7 дней удельный дебит скважины увеличился в 20 раз.

Тартание скважин следует производить лишь до появления песка в растворе, извлекаемом из скважины. Появление песка указывает на освобождение кольцевого пространства за сетчатым фильтром от глинистого раствора и, следовательно, на возможность пробной откачки. Продолжение тартания может привести к засорению ствола скважины песком.

Очень часто тартание приводит к быстрому осушению скважины. Это означает, что глинистый раствор уплотнился в кольцевом пространстве за сетчатым фильтром и препятствует движению воды из пласта в ствол скважины. В этом случае следует доливать в скважину воду.

Полезно также производить тартание желонкой без подъема воды на поверхность земли. При сильной глинизации целесообразно производить свабиrowание, так как при этом создается сильный вакуум в стволе скважины. По окончании тартания нужно немедленно начать пробную откачку воды эрлифтом. При незначительном дебите скважины в процессе пробной откачки и резком снижении статического уровня откачку следует производить с одновременным доливом воды в скважину.

Проиллюстрируем это примером. Предположим, что скважина бурением закончена, стенки водоносных песков заглинизированы и препятствуют свободному притоку воды из пласта в скважину. В этом случае при данной расчетной глубине погружения сопла воздушных труб в скважину эрлифт будет работать с перерывами.

Сжатый воздух выбросит на поверхность земли воду, затем наступит перерыв, в течение которого поступающая из пласта в осушенный ствол вода будет двигаться вверх по скважине. Как только вода из пласта достигнет необходимой расчетной высоты, эрлифт вновь выбросит воду на поверхность земли, после чего уровень воды в скважине опять резко снизится и наступит перерыв. В данном случае будет иметь место неравенство:

$$q < Q, \quad (1)$$

где q — количество воды, поступающее из пласта в ствол скважины ($м^3/час$);

Q — производительность эрлифта ($м^3/час$).

Совершенно очевидно, что идеальным условием для непрерывной работы эрлифта будет равенство:

$$q = Q. \quad (2)$$

Следовательно, для непрерывной работы эрлифта в заглинизованную скважину необходимо доливать воду.

Тогда формула (2) примет следующий вид:

$$q + q_1 = Q, \quad (3)$$

где q_1 — количество воды, доливаемой в скважину.

Иными словами, для непрерывной работы эрлифта необходимо, чтобы количество воды, поступающей из пласта и доливаемой в скважину, было равно производительности эрлифта при данном расчетном динамическом уровне.

Следует отметить, что с течением времени величина q будет постепенно увеличиваться вследствие разглинизации пласта, а величина q_1 должна соответственно уменьшаться. Наконец, наступит такой момент, когда $q_1 = 0$, и формула (3) примет вид формулы (2).

Это будет момент непрерывной работы эрлифта без постороннего вмешательства.

В скважинах, пробуренных в водоносных песках с применением глинистого раствора, не удавалось получить воду только в том случае, когда к тартанию желонкой и пробной откачке приступали не сразу, а по истечении продолжительного количества времени после спуска в скважину сетчатого фильтра. Находящийся за фильтром глинистый раствор успевал уплотниться, создавал прочную корку на фильтре и затем при пробных откачках препятствовал прониканию воды из пласта в скважину. Такие скважины приходилось даже консервировать как безводные.

Примером закупорки сетчатого фильтра осевшим и уплотнившимся глинистым раствором может служить скважина, пробуренная на одной из станций Горьковской железной дороги. Основным источником водоснабжения станции является мощный аллювиальный водоносный горизонт, залегающий на глубине от 25 до 60 м от поверхности земли. Большое содержание железа в воде указанного горизонта быстро выводило скважины из строя вследствие кольматации сетчатых фильтров. С целью разведки нижележащих водоносных известняков была пробурена скважина глубиной 150 м. От поверхности земли до кровли известняков, залегающей на глубине 80 м, бурение производилось с применением глинистого раствора. На эту глубину скважина была обсажена фильтровой колонной труб диаметром 12" с сетчатым фильтром против аллювиальных водоносных песков.

Так как аллювиальные водоносные пески были хорошо изучены, пробной откачки из них не производилось. Откачка была произведена лишь на глубине 150 м. Химический анализ воды показал, что она не пригодна для технических целей. Тогда скважина была углублена в известняках до 190 м, но вода оказалась еще худшего качества. Было решено возобновить эксплуатацию верхнего аллювиального водоносного горизонта, оборудованного сетчатым фильтром на глубине от 31 до 47,6 м. Для этого в

скважину на глубину 75 м в трубы диаметром 12" была забита деревянная пробка, поверх которой был залит цементный раствор. Пробка и цементный раствор изолировали воды нижних известняков от вод верхних — аллювиальных.

При пробной откачке воды из верхних аллювиальных песков удельный дебит составил 0,5 м³/час.

Меры, принятые для увеличения удельного дебита скважины, не дали положительных результатов, в то время как в соседних скважинах ударного бурения удельный дебит воды из того же водоносного горизонта составил 22,5 м³/час. Стало ясно, что такой низкий удельный дебит воды в скважине вращательного бурения явился результатом закупорки сетчатого фильтра уплотнившимся глинистым раствором. Скважина как безводная была законсервирована.

В случае, когда водоносные пески не содержат пропластков глины и изолированы от вышележащих пород обсадными трубами, очень важно сохранить максимальную разницу между конечным диаметром бурения D и внешним диаметром сетчатого фильтра d . Чем больше эта разница, тем легче произвести вымывание глинистого раствора из кольцевого пространства за фильтром и тем меньше сопротивление движению воды из пласта в скважину. И, наоборот, если водоносные пески чередуются с пропластками глин, разница между внешним диаметром фильтра d и конечным диаметром бурения D должна быть минимальной во избежание размыва пропластков глины, обвалов ее и закупорки фильтра (рис. 12).

ОБОРУДОВАНИЕ СКВАЖИН НА ВОДУ ФИЛЬТРАМИ

Гравийные фильтры для скважин вращательного бурения

Большое количество скважин, пробуренных вращательным методом и оборудованных сетчатыми фильтрами против пылеватых и тонкозернистых песков, долго пескуют как при пробной откачке, так и в процессе эксплуатации. Такие скважины быстро засоряются, в результате чего глубоководные центробежные насосы часто выходят из строя. Даже самые мелкие сетки галунного плетения не в состоянии предотвратить проникание песков в ствол скважины.

Практика показала, что наиболее надежными фильтрами для оборудования скважин против водоносных пылеватых и тонкозернистых песков являются гравийные. В скважину, законченную вращательным бурением и заполненную глинистым раствором, произвести гравийную засыпку обычным методом (с поверхности земли) невозможно. Поэтому гравийные фильтры изготовляют на поверхности земли и спускают в скважину в готовом виде.

Однослойный гравийный фильтр. На перфорированной трубе изготавливается фильтрующая поверхность либо из проволоки, либо из сетки галунного, киперного или квадратного плетения.

Для изготовления проволочной фильтрующей поверхности (рис. 13) рекомендуется мягкая проволока из нержавеющей стали диаметром 2—3 мм.

Каркас 1 (перфорированная труба) спирально обматывается проволокой 2 поверх восьми продольных проложенных проволок 3 того же диаметра. Намотка проволоки на каркас может производиться как машинным способом, так и вручную. Расстояние между витками должно соответствовать диаметру зерен гравийной засыпки. На фильтрующую поверхность каркаса надевается чехол 4 из сетки квадратного плетения, нижний конец 5 которого прочно закрепляется на каркасе.

Во время засыпки гравия чехол должен быть плотно натянут. Засыпку производят в кольцевое пространство между фильтрующей поверхностью каркаса и чехлом. Одновременно легкими ударами деревянного молотка засыпку уплотняют. По мере заполнения чехла гравием каркас постепенно опускается в скважину. По окончании заполнения чехла его верхний конец 6 прочно закрепляется на каркасе, а поверхность чехла обматывается проволокой 7, предохраняющей его от повреждений при спуске в скважину. Для центрирования фильтра в скважине к его муфтам привариваются направляющие ребра 8.

Для изготовления сетчатой фильтрующей поверхности на каркас 1 (рис. 14) спирально наматывается проволока 2 диаметром 2—3 мм с расстоянием между витками 15—25 мм; для того чтобы витки не смещались, проволока припаявается к каркасу. Затем каркас обшивается сеткой квадратного или галунного плетения 3. Поверх сетки каркас еще раз обматывается проволокой 4. Все последующие операции те же, что и при сооружении гравийного фильтра с проволочной фильтрующей поверхностью.

Примером удачного применения однослойного гравийного фильтра с сетчатой фильтрующей поверхностью может служить одна из скважин в районе г. Калуги. Изготовленный на поверхности земли фильтр был установлен на глубине 126—151 м против мелкозернистых и илистых водоносных песков (рис. 15).

До спуска гравийного фильтра утяжеленный глинистый раствор в скважине был заменен более жидким, с удельным весом 1,15. Каркас диаметром 6" был перфорирован отверстиями диаметром 17 мм в количестве 625 шт. на 1 пог. м длины трубы и обмотан латунной проволокой диаметром 2 мм с расстоянием между витками 20—25 мм. Поверх проволоки каркас был обшит сеткой галунного плетения № 6/70 и еще раз обмотан проволокой. Затем на каркас был надет чехол из стальной сетки квадратного плетения размером 2×2 мм. Кольцевое пространство между чехлом и фильтрующей поверхностью каркаса было

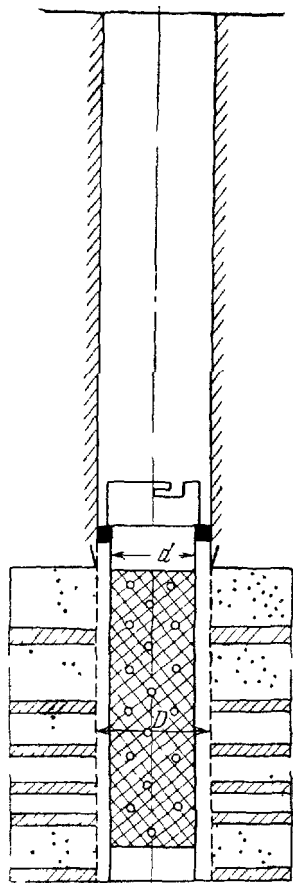


Рис 12. Соотношение диаметров скважины и фильтра при эксплуатации водоносных песков с прослойками глин

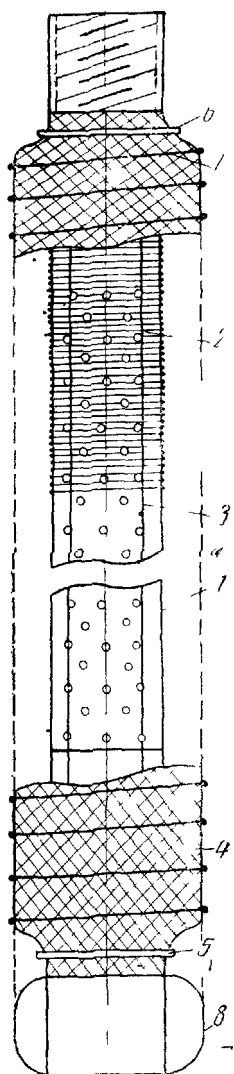


Рис 13. Однослойный гравийный фильтр с проволоочной поверхностью

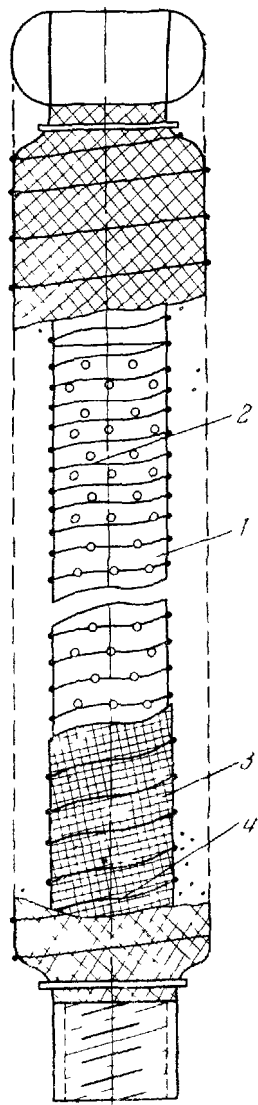


Рис 14. Однослойный гравийный фильтр с сетчатой поверхностью

заполнено гравием, размером зерен 1,5—2,5 мм. Толщина за-
сыпки 50 мм на сторону.

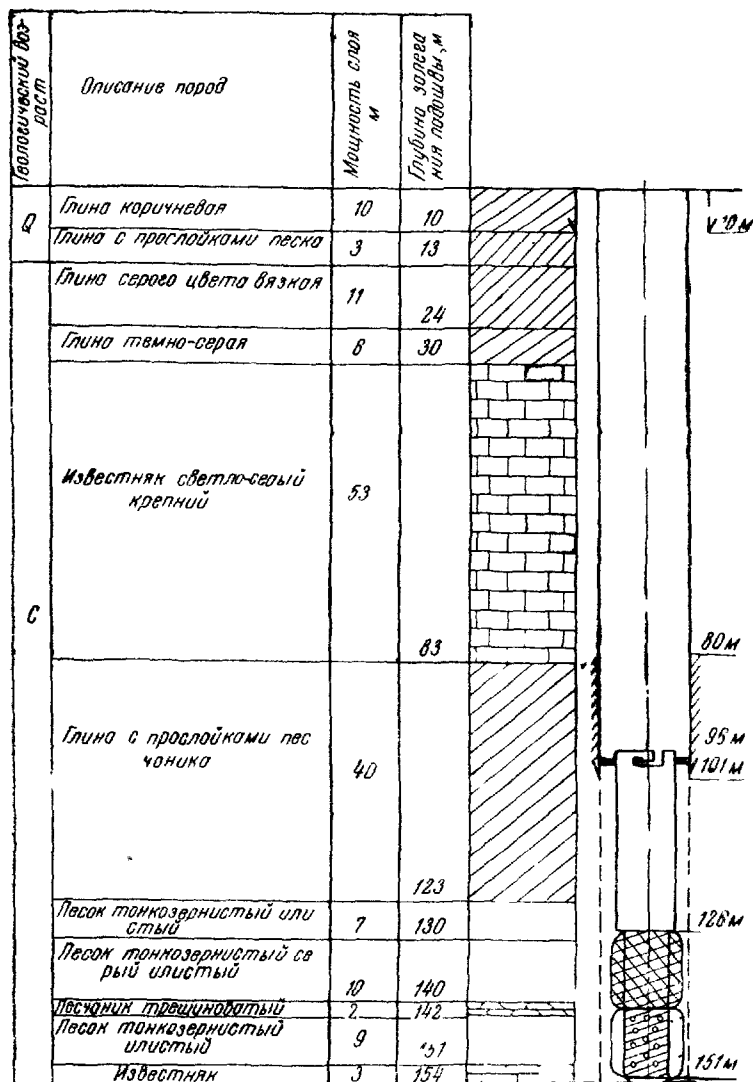


Рис. 15. Конструкция скважины, оборудованной гравийным филь-
тром

При пробной откачке вода быстро осветлилась. Дебит воды
соответствовал проектному.

В двухслойных гравийных фильтрах (рис. 16) фильтрующие
поверхности на каркасе в большинстве случаев отсутствуют,

а диаметр отверстий в нем выбирается соответствующим диаметром зерен засыпки второго слоя гравия.

На каркас 1 надевают отрезок чехла 2 длиной 1—1,5 м из металлической сетки квадратного плетения, нижний конец которого прочно закрепляют на каркасе зажимом 3, устанавливая в нем промежуточный цилиндр 4 с направляющими ребрами 5 и приступают к двухслойной засыпке гравия. Поверх чехла, наполненного гравием, наматывают проволоку 6 и выдергивают промежуточный цилиндр. Затем надевают второй отрезок чехла, который сшивают проволокой с первым, и наполняют его гравием, как было описано выше.

Таким образом, последовательно наращивая отрезки чехла, достигают верхнего конца каркаса, где чехол прочно закрепляют зажимом 7. Верхнюю часть каркаса 8 оставляют глухой.

Благодаря этому, несмотря на утруску и оседание гравийной засыпки в процессе эксплуатации скважины, не происходит обнажения перфорированной части каркаса и связанного с этим пескования скважины.

Двухслойная гравийная засыпка производится над устьем скважины с постепенным опусканием каркаса в скважину.

После установки фильтра против водоносных песков немедленно приступают к промывке скважины чистой водой, тартанию желонкой и пробной откачке воды. Гравийная засыпка делает скважину долговечной.

Существенным недостатком гравийных фильтров с фильтрующими поверхностями на каркасной трубе является недостаточная скважность их каркасов (в среднем равная 20—25%)¹.

Поверхность фильтра должна обеспечивать максимальный приток воды в скважину. Поэтому при оборудовании скважины вращательного бурения гравийными фильтрами необходимо стремиться к созданию поверхностей каркаса с максимальной скважностью. Кроме того, при сооружении скважин довольно часто приходится иметь дело с так называемыми нестабильными водами, химический состав которых изменяется под воздействием различных факторов. При эксплуатации нестабильных вод гидроокись железа и соли кальция, выпадая в осадок, уменьшают размер проходных отверстий каркаса и со временем полностью их закупоривают. Это вызывает уменьшение дебита, а иногда выводит скважину из строя. Отложения гидроокиси железа в фильтрах буровых скважин наблюдаются также при коррозии труб и фильтров, вызываемых углекислотой подземных вод или электрохимическими процессами, обусловленными применением в фильтрах различных металлов и присутствием в воде растворенного кислорода. Поэтому при эксплуатации подземных нестабильных вод следует применять фильтры со значительно большей скважностью.

¹ Под скважностью каркаса понимается отношение суммарной площади проходных отверстий к общей поверхности фильтра в %

При бурении скважин на транспорте испытаны изготовленные на поверхности земли однослойные гравийные фильтры с проволочной фильтрующей поверхностью, сооруженной на пер-

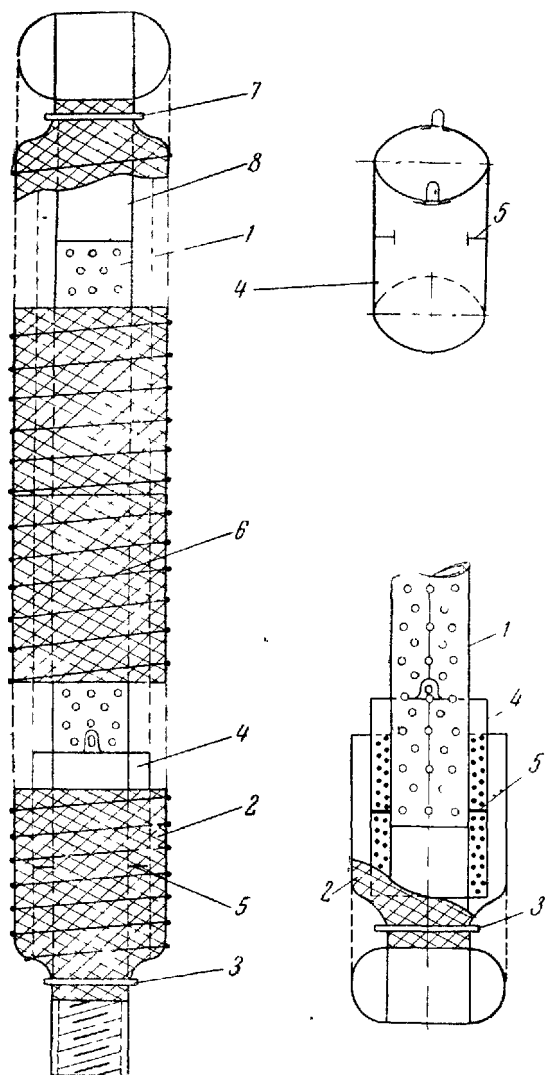


Рис. 16. Двухслойный гравийный фильтр

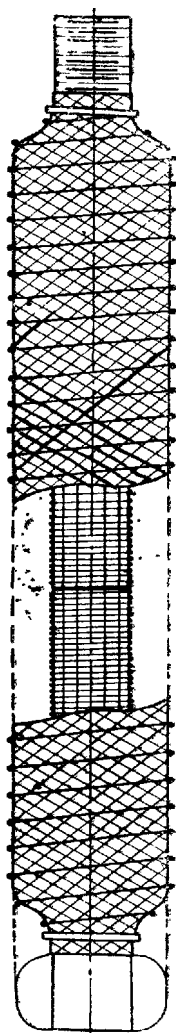


Рис. 17. Каркас-но-стержневой фильтр

форированной трубе со скважностью 20—25%. Полученные результаты следует считать вполне удовлетворительными.

Несмотря на это, применение фильтров с большей скважностью может быть рекомендовано как безусловно полезное мероприятие, обеспечивающее увеличение срока службы сква-

жин, повышение удельного дебита воды в процессе их эксплуатации и применение обычных агрегатов для откачки воды.

Каркасно-стержневые фильтры обладают в отношении скважности каркаса существенным преимуществом.

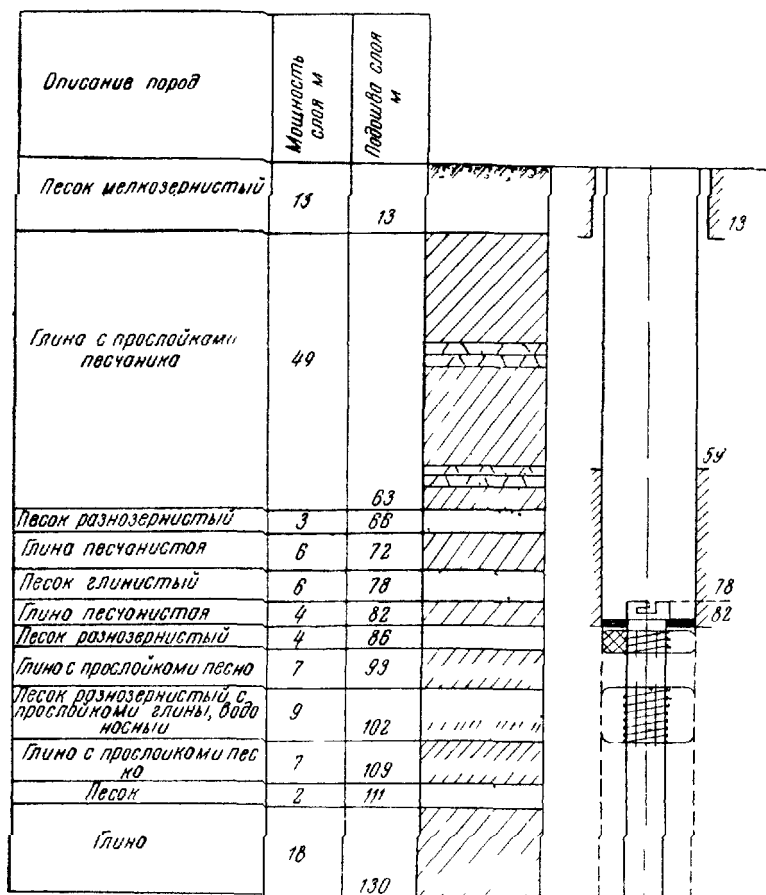


Рис 18 Конструкция скважины, оборудованной каркасно-стержневым фильтром

В 1949 г. В. М. Гаврилко впервые предложил применять фильтры этой конструкции при сооружении скважин на воду ударным методом¹.

Автором совместно с В. М. Гаврилко предложено применять каркасно-стержневые фильтры и при сооружении скважин на воду вращательным методом.

¹ Подробное описание приведено в «Указаниях по изготовлению и внедрению каркасно-стержневых фильтров для водозаборных скважин» (ВОДГЕО, 1950)

В этих фильтрах скважность фильтрующей поверхности может быть увеличена до 50—60%. Фильтрующие поверхности на каркасно-стержневых фильтрах изготавливаются либо из проволоки (рис. 17), либо из сеток галунного, киперного и квадратного плетения. На всю длину фильтрующей поверхности надевается чехол из сетки квадратного плетения и кольцевое пространство между фильтрующей поверхностью и чехлом заполняется гравийной засыпкой.

Все операции по монтажу и спуску в скважину гравийного фильтра с опорным стержневым каркасом аналогичны операциям по спуску гравийного фильтра с опорным каркасом из дырчатой трубы.

На транспорте гравийный каркасно-стержневой фильтр впервые был применен в 1955 г. на одной из станций Куйбышевской ж. д. (рис. 18). Необходимость установки такого фильтра в скважину была вызвана большим содержанием железа в воде (содержание полуторных окислов в воде составляло 24 мг/л, т. е. 5,1 мг/л чистого железа). Для предотвращения электрохимической коррозии скважность гравийного каркасно-стержневого фильтра была доведена до 60%.

Как показал опыт, фильтры такой конструкции обладают достаточной прочностью для спуска в скважину на глубину до 350—400 м.

Таким образом, применяемый нами комбинированный гравийный фильтр типа «Трансводстрой» является рациональным для оборудования скважин против водоносных песков, пробуренных вращательным методом.

Стержни для каркаса рекомендуется изготавливать из круглого железа диаметром не менее 16 мм, так как при обмотке проволокой более тонкие стержни прогибаются, что осложняет сооружение проволочной фильтрующей поверхности.

Гравийные фильтры для скважин ударного бурения

Опыт показал, что ряд скважин после сдачи в эксплуатацию вскоре выходит из строя. Причинами такой недолговечности являются быстрое истощение запасов водоносного пласта или неудовлетворительная работа сетчатых фильтров. В последнем случае снижение дебита до полного выхода скважин из строя объясняется главным образом коррозией фильтров и связанными с нею процессами цементации, а также прониканием песка сквозь сетку галунного плетения.

В качестве примера засорения скважины песком можно привести скважины, пробуренные на ст. Челкар, Оренбургской ж. д.

Этот район характеризуется незначительным годовым количеством осадков. Единственным источником водоснабжения здесь

является оз. Челкар, питающееся за счет весеннего снеготаяния, в связи с чем в засушливые годы реальна возможность почти полного израсходования запаса воды в озере.

Все сказанное послужило основанием для поисков в этом районе подземных источников водоснабжения. В 1937 г. здесь было пробурено до 40 мелких скважин глубиной до 25 м. Вода оказалась пригодной для питьевых и технических целей. Удельный дебит по скважинам колебался в пределах от 0,5 до 1 м³/час.

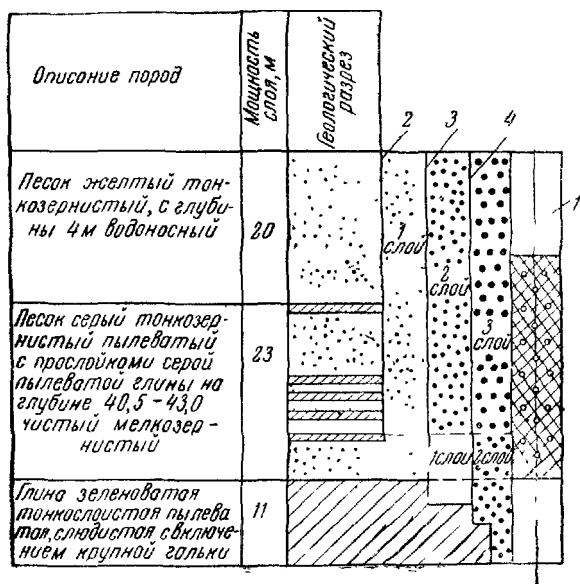


Рис. 19. Конструкция скважины, оборудованной фильтром с трехслойной гравийной засыпкой

Однако вследствие прохождения барханных песков сквозь сетку фильтра и быстрого засорения ствола скважины эксплуатировались непродолжительное время. Мероприятия по прекращению проникания песка в скважины не дали положительных результатов: скважины песковали и в момент пробной откачки, и в процессе эксплуатации. Небольшое увеличение дебита вело к сильному прохождению песка в ствол скважины и засорению вытекающей на поверхность воды. В связи с этим было решено заменить сетчатый фильтр гравийным путем создания вокруг ствола трехслойной гравийной засыпки.

Были заложены скважины с трехслойным гравийным фильтром следующей конструкции (см. рис. 19): обсадные трубы 2 диаметром 20" до глубины 38 м, колонна труб 3 диаметром 16" до глубины 45 м, колонна диаметром 12" до глубины 47 м и фильтр 1 диаметром 6" до глубины 54 м.

Спущенный в скважину фильтр представлял собой трубу диаметром 6", длиной 29 м, перфорированную отверстиями размером 16—18 мм. Каркас фильтра был опаян сеткой галунного плетения № 14/100. Для более свободного движения воды в скважину на глубине 14—38 м в сетке были наколоты отверстия диаметром 3 мм и на глубине 38—43 м — диаметром 1—1,5 мм.

Песчано-гравийная засыпка была осуществлена следующим образом:

1) от поверхности до глубины 38 м произведена трехслойная гравийная засыпка: первый слой частицами диаметром 0,5—1,5 мм; второй слой 2—4 мм и третий 4—9 мм;

2) с глубины 38 до 43 м произведена двухслойная гравийная засыпка: первый слой частицами диаметром 0,5—1,5 мм и второй слой 2—4 мм;

3) с глубины 43 до 54 м, т. е. до забоя, произведена засыпка смесью всех трех фракций.

Во избежание заклинки труб засыпку каждой фракции гравия производили небольшими порциями при одновременном извлечении обсадных труб за каждый прием на 0,5—1 м. Затрата времени на засыпку гравия и главным образом на подъем обсадных труб зависела от диаметра последних. В среднем за смену удавалось поднять труб диаметром 20" 2—3 м, труб диаметром 16" 3—4 м и труб диаметром 12" 4—7 м.

По окончании бурения скважины была произведена пробная откачка воды эрлифтом. Водоподъемные трубы диаметром 4" загружались на глубину 49 м; воздушные трубы диаметром 1" располагались внутри водоподъемных и для откачки опускались соответственно: для первого понижения на 18 м, второго—26 м и третьего — 44,4 м.

Осветление воды произошло в течение первых двух-трех часов откачки, и при максимальном дебите скважины в 36 м³/час выноса мелкого песка при дальнейшей эксплуатации не наблюдалось.

Устройство трехслойной гравийной засыпки исключило угрозу проникания барханных песков в ствол скважины и вполне оправдало замену сетчатых фильтров гравийными.

Как уже отмечалось, скважины, оборудованные сетчатыми фильтрами, часто выходят из строя вследствие коррозии фильтров и процессов цементации.

На транспорте при бурении скважин на воду встречались явления электрохимической коррозии в буровых скважинах на некоторых станциях Горьковской ж. д. Каптивированный водоносный горизонт приурочен здесь к толще аллювиальных песков мощностью до 50 м. Водоносные горизонты в большинстве случаев безнапорные, со статическим уровнем 2—10 м от поверхности земли. Производительность отдельных скважин колеблется от 10 до 40 м³/час. Вода вполне пригодна для технических целей, но существенным недостатком ее является высокое содержание окис-

лов железа. Вследствие явлений электрохимической коррозии содержащееся в воде железо постепенно осаждается на стенках сетчатого фильтра и уменьшает его отверстия. Заметное уменьшение дебита скважин наблюдается уже к концу первого года их эксплуатации, а через два-три года процессы электрохимической коррозии разрушают металлические сетчатые фильтры.

Ствол скважины засоряется и поступление воды в нее постепенно прекращается. Многочисленные попытки исправить и восстановить такие скважины оставались безрезультатными. На ст. Новки для этой цели во внутрь старых фильтров диаметром 8" были спущены новые сетчатые фильтры диаметром 5", после чего старые фильтры были извлечены. Как и предполагалось, вследствие коррозии они не имели уже отверстий для прохода воды. После испытания скважин с новыми фильтрами дебит последних не увеличился; это привело к заключению, что ожелезнением захвачена и сфера естественного фильтра. Таким образом, аллювиальный водоносный горизонт на ст. Новки, несмотря на большой запас воды, не обеспечивал постоянного дебита скважин вследствие несовершенства сетчатых фильтров. Устранить явление электрохимической коррозии в этих скважинах можно было заменой сетки галунного плетения гравийной засыпкой, но применение металлической перфорированной трубы не исключало процесса коррозии металла под влиянием агрессивных вод.

По предложению автора и Г. Я. Фертель сетчатые металлические фильтры были заменены неметаллическими с гравийной засыпкой. Материалом для фильтров был выбран асбоцемент. Сетка галунного плетения была заменена гравийной засыпкой. Асбоцементные фильтры (рис. 20) с двухслойной гравийной засыпкой впервые были применены на Горьковской ж. д.

Асбоцементные трубы 1 длиной 4 м, внутренним диаметром 190 мм и толщиной стенок 15 мм соединялись друг с другом при помощи нарезки, сделанной на каждой трубе и металлических муфтах 2. К муфтам приваривались направляющие ребра для центрирования фильтрационных труб в обсадных 3. Внутренняя и внешняя поверхности асбоцементных труб были покрыты антикоррозийным лаком, применение которого на вкусовых качествах воды не

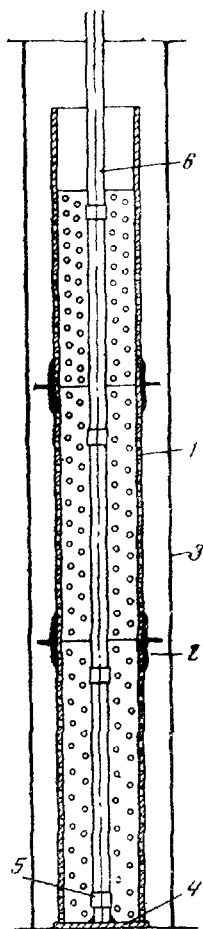


Рис. 20. Фильтр из асбоцементных труб

отразилось. При нарезании резьбы на концах фильтрационных труб и при сверлении в них отверстий асбоцемент не крошился, сохраняя свою структуру. Во избежание обрыва асбоцементных труб в резьбе (под действием их собственного веса) при спуске их в скважину было применено специальное приспособление, при котором вся колонна асбоцементных труб опиралась на стальную горизонтальную плиту 4, соединяющуюся в муфте 5, имею-

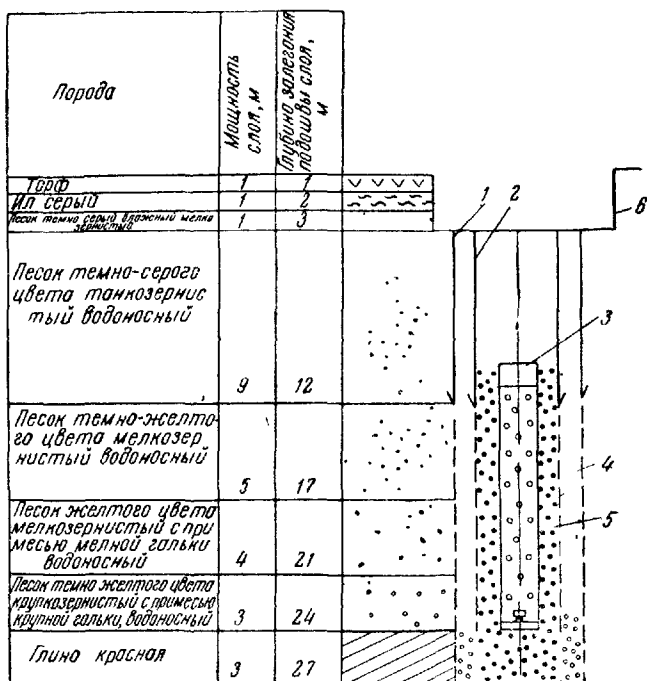


Рис. 21. Конструкция скважины, оборудованной асбоцементным фильтром с двухслойной гравийной засыпкой

щей левую резьбу, со штангами 6 диаметром 48 мм. После посадки колонны асбоцементных труб на забой штанги в муфте отвертывали и извлекали на поверхность. Затем приступали к гравийной засыпке.

На рис. 21 приведена конструкция скважины, оборудованной асбоцементным фильтром с двухслойной гравийной засыпкой.

В данном случае эксплуатационный водоносный горизонт приурочен к четвертичным пескам и является безнапорным, мощность его 21 м. До глубины 24 м бурение скважины велось в четвертичных отложениях, и скважина была обсажена колонной труб 1 диаметром 16", башмак которых был задавлен в пермские

красные глины. На глубине 24—27 м бурение производилось в глинах долотом диаметром $15\frac{3}{4}$ " без обсадки трубами, и эта часть скважины была засыпана крупным щебнем. Затем на глубину 24 м в скважину была спущена колонна труб 2 диаметром 12". Наконец, в забой скважины была спущена фильтровая асбоцементная колонна труб 3 диаметром 8", перфорированная отверстиями размером 5 мм, в количестве 3400 на 1 пог. м длины трубы. Фильтровая колонна была расположена на глубине 11,3—23,8 м.

В скважине была произведена двухслойная гравийная засыпка. Первый слой гравия 4 из частиц размером 1—4 мм был засыпан в кольцевое пространство между колоннами труб диаметром 16" и 12" на интервале 10—24 м с одновременным подъемом труб диаметром 16" на высоту 12,7 м. Гравий засыпался небольшими порциями. Второй слой гравия 5 из частиц размером 6—8 мм был засыпан в кольцевое пространство между трубами диаметром 12" и 8" также на интервале 10—24 м с одновременным подъемом труб диаметром 12" на высоту 13 м.

Для установки над скважиной центробежного горизонтального насоса был вырыт шурф 6 глубиной 3 м; обсадные трубы диаметром 16" и 12" на этой глубине были срезаны.

Данная скважина эксплуатируется с 1950 г. при неизменном дебите.

ПЕСКОВАНИЕ СКВАЖИН И ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЕ

В процессе эксплуатации дебит многих скважин вначале снижается, а затем они полностью выходят из строя. Уменьшение и прекращение подачи воды из скважин происходит вследствие пескования: а) сквозь сетчатый фильтр; б) через пеньковые сальники; в) из-за отсутствия цементации башмака обсадных труб; г) в результате отсутствия глухих частей и пеньковых сальников на фильтровых колоннах; д) из-за некачественного производства гравийных засыпок; е) в результате неправильного подбора фракций гравийной засыпки.

Метод восстановления водоотдачи выбирается в зависимости от причины, вызвавшей выход скважины из строя.

Пескование скважин сквозь сетчатый фильтр

Сетчатыми фильтрами в большинстве случаев оборудуются скважины, эксплуатирующие водоносные пески. Сетку фильтров обычно выбирают с таким расчетом, чтобы через нее проходило 60—80% мелких фракций водоносной породы.

После установки фильтра производится пробная откачка. Откачку следует вести до полного прекращения выноса песка в скважину. При пробной откачке воды мелкие фракции водоносных песков вымываются и выносятся водой на дневную поверх-

ность, а более крупные фракции отлагаются вокруг стенок фильтра, образуя естественный фильтр, препятствующий прониканию мелких фракций песка в ствол скважины.

Пескование скважин, оборудованных сетчатыми фильтрами, наблюдается в следующих случаях:

1) когда сетка галунного плетения не соответствует гранулометрическому составу водоносных песков. В этом случае следует вести длительную интенсивную пробную откачку воды до полного прекращения пескования, создав вокруг сетчатого фильтра естественный фильтр;

2) когда водоносные пески мелко- или тонкозернисты и однородны по своему составу. В этом случае даже самые мелкие сетки галунного плетения не в состоянии предотвратить проникание песка в ствол скважины; это отрицательно отражается на работе погружных центробежных насосов и быстро выводит их из строя. Во избежание консервации * таких скважин вследствие пескования необходимо применять гравийные фильтры;

3) когда дебит пробной откачки воды не превосходит максимального расчетного расхода воды из скважины.

Я. С. Суреньяц рекомендует после установки фильтра в скважине производить пробную интенсивную откачку воды с расходом, на 10—20% превышающим максимальный расчетный расход. Однако на практике почти всегда дебит пробных откачек воды бывает намного меньше производительности устанавливаемых в скважине стационарных водоподъемников.

Пробная откачка воды из скважин производится штанговыми насосами и эрлифтами, при этом производительность штанговых насосов колеблется от 10 до 25 м³/час и эрлифтов от 10 до 80 м³/час. Между тем производительность погружных центробежных насосов в зависимости от их типа колеблется в очень широких пределах (от 30 до 400 м³/час). Поэтому в процессе эксплуатации скважины с помощью центробежных насосов сквозь сетку фильтра вместе с водой часто проникает и песок. Чем интенсивнее откачка, тем больше песка выносится из скважины. С образованием вокруг ствола скважины естественного фильтра ее пескование со временем прекращается.

Чистка засоренных песком скважин на воду производится желонкой или эрлифтом.

Пескование скважин через пеньковые сальники

В большинстве скважин сетчатые фильтровые колонны труб опускаются на штангах при помощи ключа и замка на муфте надфильтровой трубы. Под верхней замковой муфтой надфильтровой трубы ставится пеньковый сальник, не допускающий проникания песка в ствол скважины по кольцевому зазору между надфильтровой и обсадными трубами.

Ввиду того что пенниковые сальники не могут герметически закрыть кольцевой зазор между сетчатым фильтром и обсадными трубами, а также вследствие износа пенниковых сальников, песок постепенно начинает проникать в ствол скважины и засорять ее (рис. 22).

Основным признаком пескования скважины через пенниковый сальник является засорение песком надфильтровых труб до верха замковой муфты или на 2—3 м выше ее. Чистка фильтровых труб почти никогда не дает положительных результатов, так как очень быстро скважина вновь заполняется песком.

Установив причину пескования скважины, приступают к ее восстановлению. Прежде всего очищают надфильтровую трубу от песка до верха замковой муфты. Затем на водопроводных трубах 1 диаметром 2" спускают деревянную пробку 2 с коническими концами, которая плотно закрывает устье надфильтровой трубы. Через трубы диаметром 2" в кольцевое пространство над пенниковым сальником 4 наливают цементный раствор 3 в количестве 200—250 л. Спустя два-три часа деревянную пробку вместе с водопроводными трубами извлекают из скважины, а через два-три дня начинают очистку ствола скважины от песка.

Если очистка ствола скважины не даст положительных результатов, цементацию следует повторить. После очистки ствола скважины от песка приступают к пробной откачке воды. Почти во всех случаях восстановление скважин описанным способом дает положительные результаты. Рекомендуется одновременно с оборудованием скважин сетчатыми фильтрами цементировать пространство над пенниковыми сальниками.

Как правило, пенново-цементные сальники герметически закрывают кольцевой зазор между надфильтровой и обсадной трубами, что в дальнейшем предохраняет скважину от пескования.

Пескование скважин из-за отсутствия цементации башмака обсадных труб

В большинстве случаев при бурении скважин ударным методом с целью эксплуатации устойчивых водоносных пород ограни-

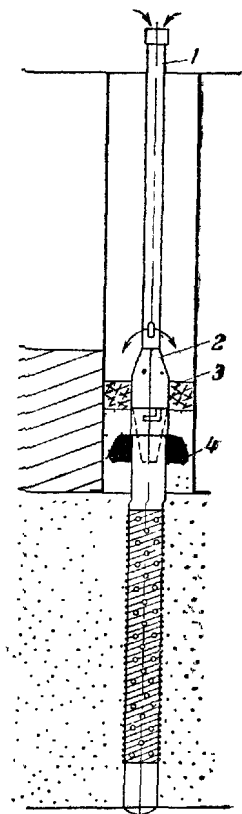


Рис. 22. Схема ликвидации пескования скважины через зазор между фильтровой и обсадными трубами

чиваются задавливанием башмака последней колонны обсадных труб в твердые породы без производства цементации затрубного пространства.

При вращательном бурении скважин проектами иногда не предусматривается цементация водозакрывающей колонны об-

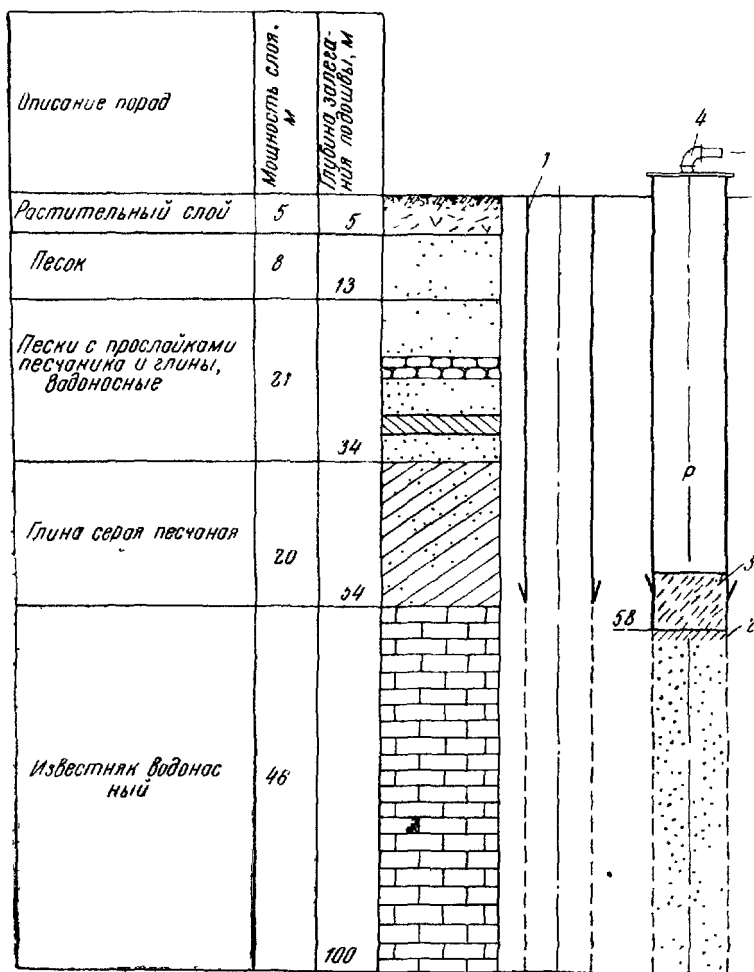


Рис. 23. Схема ликвидации пескования скважины из-под башмака обсадных труб

садных труб, устанавливаемой над устойчивыми водоносными породами. Из-за отсутствия цементации нередко происходит прорыв верхних водоносных песков в ствол скважины, и скважина выходит из строя. В этих случаях приходится очищать ствол скважины от песка и изолировать верхнюю неустойчивую зону пород от нижней—водоносной.

Примером может служить скважина, пробуренная станком вращательного бурения РА-400 до глубины 100 м на одной из станций Московско-Рязанской ж. д. (рис. 23). Здесь верхние водоносные горизонты четвертичных и меловых образований были изолированы от среднекаменноугольных водоносных известняков колонной обсадных труб 1 диаметром 12". Башмак этих труб был задавлен в водоносные известняки без цементации. Толща водоносных известняков фильтром не оборудовалась. После производства пробной откачки эрлифтом скважина была сдана в эксплуатацию.

Спустя пять лет дебит скважины стал заметно уменьшаться, и скважина вышла из строя. При проверке оказалось, что ствол скважины заполнен песком от забоя до глубины 51 м от поверхности земли. При помощи станка ударного бурения и желонки ствол скважины не удавалось очистить от песка ниже глубины 54 м. Тогда восстановление скважины было начато станком вращательного бурения АВВ-100 с применением глинистого раствора. Скважину пробурили до глубины 59 м и на метр утрамбовали глиной 2. При помощи заливочных трубок на забой был налит цементный раствор 3 удельного веса 1,88. Через заливочную головку 4, установленную на устье труб диаметром 12", цементный раствор был продавлен за башмак обсадных труб. После затвердения цементного раствора скважина была вновь пробурена шарошечным долотом диаметром 11³/₄" до глубины 100 м. Пробной откачкой был получен дебит 55 м³/час при удельном дебите 2,63 м³/час. Спустя 32 часа вода полностью осветлилась. Первоначальный дебит скважины был восстановлен, и она вновь была сдана в эксплуатацию.

Пескование скважин в результате отсутствия глухих частей и пеньковых сальников на фильтровых трубах

В водосодержащих породах часто встречаются небольшие неустойчивые пропластки суглинков, глин и песков. Непредусмотренные в процессе составления проекта и незамеченные при бурении эти пропластки в водоносных породах перекрываются бессетчатыми фильтрами. Проникание в скважину песка этих прослоев осложняет пробные откачки, вызывая необходимость неоднократных чисток ствола и даже извлечения на поверхность фильтровых труб и повторного монтажа фильтровой колонны. Во избежание излишних работ необходимо производить электрокароттаж или в процессе бурения скважины тщательно следить за литологическим составом пород и с самого начала правильно осуществлять монтаж фильтров.

При переслаивании устойчивых пород с породами, подверженными размыву, необходимо чтобы фильтровая колонна труб 1 (рис. 24) имела глухие участки с пеньковыми сальниками 2

против каждого неустойчивого пропластка, а над нижним пенным сальником полезно ставить простой манжет 3.

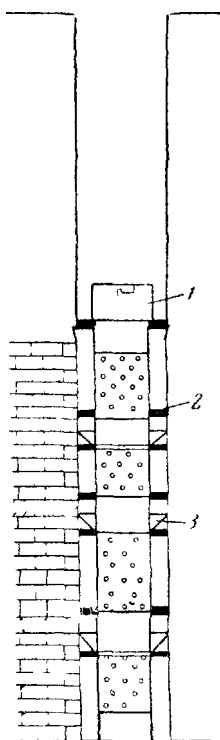


Рис. 24. Фильтр для эксплуатации водоносных горизонтов с прослойками неустойчивых пород

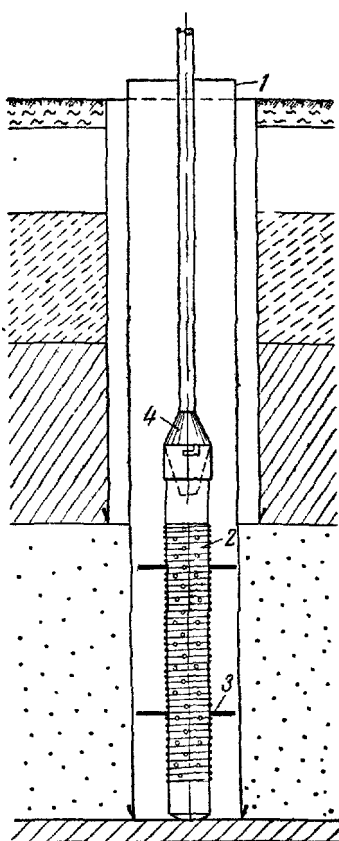


Рис. 25. Схема засыпки гравия с поверхности земли

Пескование скважин из-за некачественного производства гравийных засыпок

Правильное производство гравийных засыпок является важным условием предупреждения пескования скважин. При производстве бурения на транспорте гравийная засыпка с поверхности земли осуществлялась при максимальной глубине скважин 120 м.

Производится она только в скважинах ударного бурения. Схема осуществления засыпки показана на рис. 25. До водоупора скважину обсаживают колонной труб 1, после чего на ключе и замке спускают фильтровую колонну труб 2 с направляю-

щими ребрами 3, центрирующими ее в обсадных трубах. Верх фильтровой колонны закрывают конической деревянной пробкой 4, спускаемой в скважину на штангах, и приступают к засыпке гравия (разница между двумя смежными диаметрами колонн труб должна быть не менее 100 мм). Засыпку гравия производят небольшими, равномерными порциями с одновременным подъемом обсадных труб 1. В практике бурения нередки случаи, особенно при однослойных засыпках, когда обсадные трубы поднимают выше верхней границы гравия. Это приводит к соприкосновению фильтра с окружающей обсадную трубу водоносной породой и пескованию скважины в процессе откачки. Соприкосновение фильтра с водоносными песками может произойти также и в случае, когда гравий застрянет в междутрубном пространстве, не достигнув расчетной глубины. Поэтому рекомендуется тщательно производить замеры гравийной фракции, засыпаемой в кольцевой зазор.

Рис. 26,а и б иллюстрируют пример восстановления скважины, пескующей вследствие некачественного производства гравийной засыпки.

В аналогичных условиях бурились две скважины на воду до глубины 120 м. В первой скважине все циклы работ по бурению и засыпке гравия прошли без осложнений; по окончании пробной откачки скважина была сдана в эксплуатацию. Вторая скважина в процессе пробной откачки воды сильно песковала, что вызвало необходимость в проведении работ по ликвидации пескования.

Скважина имела следующую конструкцию (рис. 26,а).

Первая колонна труб 1 диаметром 18" была обсажена на глубину 55 м, вторая колонна 2 диаметром 14"—на глубину 90 м и третья колонна 3 диаметром 10"—на глубину 120 м.

Затем на глубину 44,8—120 м на ключе и замке в скважину была спущена фильтровая колонна труб 4 диаметром 6", которая состояла (рис. 26,б) из:

от 44,8 до 46 м—глухой части с замком;

от 46 до 52 м — каркаса, опаянного сеткой квадратного плетения размером 3×3 мм; диаметр зерен гравийной засыпки 6—10 мм;

от 52 до 64 м — каркаса, опаянного сеткой галунного плетения № 6/70; диаметр зерен гравийной засыпки 1—3 мм;

от 64 до 75 м — каркаса, опаянного сеткой квадратного плетения размером 3×3 мм; диаметр зерен гравийной засыпки 6—10 мм;

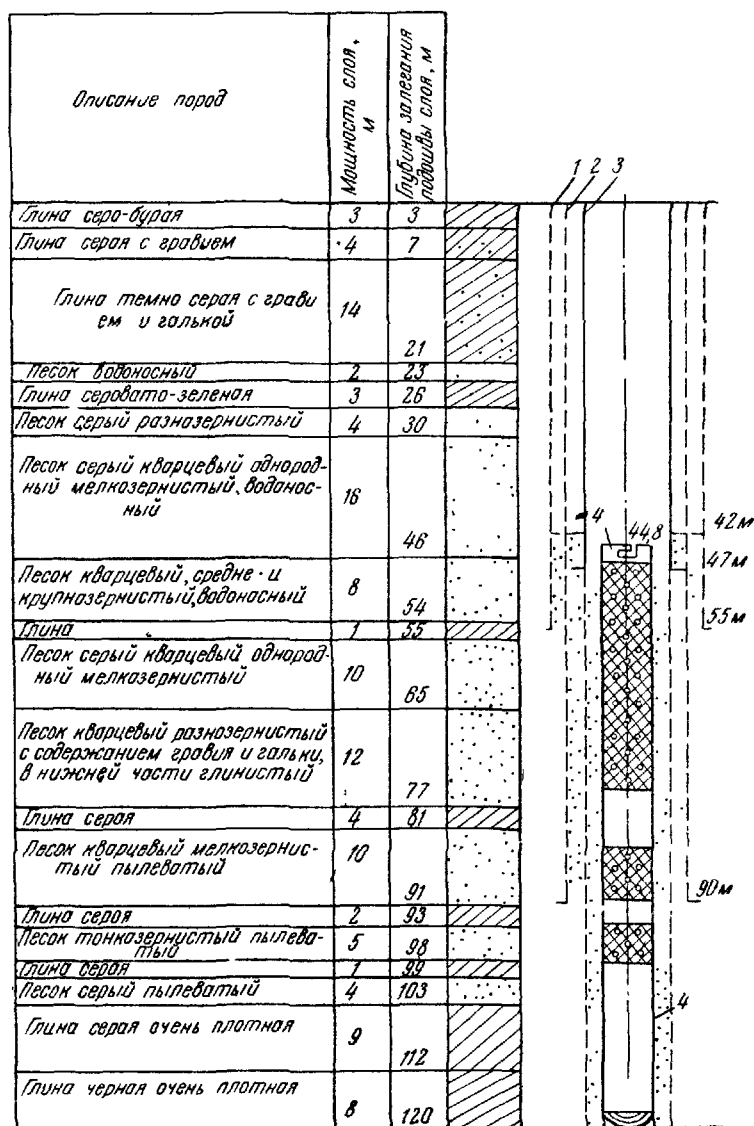
от 75 до 83 м — глухой части труб;

от 83 до 90 м — каркаса, опаянного сеткой галунного плетения № 6/70; диаметр зерен гравийной засыпки 1—3 мм;

от 90 до 93 м — глухой части труб;

от 93 до 98 м — каркаса, опаянного сеткой галунного плетения № 6/70; диаметр зерен гравийной засыпки 1—3 мм;

от 98 до 120 м — глухой части труб.



а

Рис. 26. Схема ликвидации пескования скважины вследствие некачественного производства гравийной засыпки
а—конструкция скважины

От глубины 120 до 90 м гравийная засыпка была произведена в кольцевое пространство I между трубами диаметром 10" и 6". Затем обсадные трубы диаметром 10" были подняты до глубины 47 м.

От глубины 90 до 55 м гравийная засыпка была произведена в кольцевое пространство II между трубами диаметром 6" и 14". Затем трубы диаметром 14" из скважины были полностью извлечены.

От глубины 55 до 47 м гравийная засыпка была произведена в кольцевое пространство III между трубами диаметром 6" и 18", после чего трубы диаметром 18" были подняты до глубины 47 м.

От глубины 47 до 42 м гравийная засыпка была произведена в кольцевое пространство между трубами диаметром 10" и 18", после чего трубы диаметром 18" из скважины были полностью извлечены.

Ввиду сильного пескования скважины пробная откачка воды была прекращена. Замером было установлено, что ствол скважины занесло песком до глубины 80 м от поверхности земли.

Для ликвидации пескования скважины и очистки ее ствола от песка на глубину 44,8 м в скважину была дополнительно спущена обсадная колонна труб 5 диаметром 6", нижний конец которой был заведен в замковую муфту 6 фильтровой трубы 4. Затем была смонтирована эрлифтная установка из водоподъемных труб 7 диаметром 4" и воздушных труб 8 диаметром 1 1/4".

Одновременно с откачкой воды в кольцевое пространство между трубами диаметром 10" и 6" засыпался гравий. Под действием собственного веса гравий постепенно осаждался, замещая водоносный песок, соприкасавшийся с фильтром. Ствол скважины

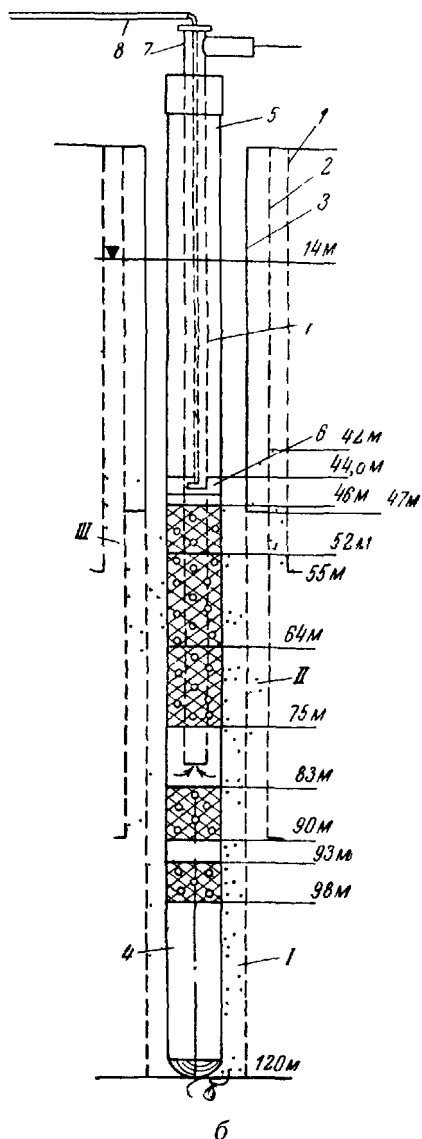


Рис. 26.

б — схема ликвидации пескования

б — схема ликвидации пескования

был очищен от песка постепенным опусканием водоподъемных труб диаметром 4" до забоя скважины.

В течение 7 дней пескование скважины было ликвидировано, и она была сдана в эксплуатацию с дебитом 40 м³/час.

Пескование скважин в результате неправильного подбора фракций гравийной засыпки

При устройстве гравийных фильтров важными условиями являются знание гранулометрического состава водоносной породы и соответствующий ему подбор фракций гравийной засыпки. Неправильный подбор фракций гравийной засыпки ведет к заилению ее пор водоносной породой, снижению пропускной способности фильтров и длительному пескованию скважин. Институт ВОДГЕО рекомендует отношение диаметров частиц породы к диаметру частиц засыпки принимать равным 1 : 8 или 1 : 10.

Подбор фракций гравийной засыпки в водоносных песках рекомендуется производить в соответствии с данными табл. 3.

Таблица 3

| Наименование пород | Содержание преобладающих частиц в породе в % | Диаметр зерен гравийной засыпки в мм |
|---|--|--------------------------------------|
| Песок крупнозернистый с преобладанием частиц от 2 до 1 мм | 80 | 10—8 |
| Песок среднезернистый с преобладанием частиц от 1 до 0,5 мм | 60 | 5—4 |
| Песок мелкозернистый с преобладанием частиц от 0,5 до 0,25 мм | 50 | 2,5—2,0 |
| Песок очень мелкий с преобладанием частиц от 0,25 до 0,05 мм | 30—40 | 1—0,5 |

Исследования, проведенные институтом ВОДГЕО в 1949 г. при внедрении новых конструкций фильтров, подтвердили возможность применения гравийной засыпки разнозернистого состава.

На основании проведенных исследований институтом ВОДГЕО сделан вывод, что длительное пескование скважин происходит в том случае, если отношение $\frac{D}{d} > 15$, где D —средний диаметр частиц засыпки, а d —средний диаметр частиц породы.

При отношении средних диаметров зерен засыпки и зерен породы 10 : 1 пескование происходит только в первые часы откачек, а также при толчках прерывистой откачки (прокачка эрлифтом). При дальнейшей откачке и в процессе эксплуатации наблюдается устойчивый дебит без выноса песка. Таким образом, указанное отношение может быть рекомендовано для подбора гравийных засыпок разнозернистого состава. Осуществление гра-

вийных засыпок при бурении скважин на транспорте показало, что для предупреждения пескования скважин в водоносных песках разнородного состава достаточно слоя гравия в 50 мм.

Исправление искривленных скважин

При ударно-канатном способе бурения скважин на воду их искривление в основном связано с пересечением при проходке наклонно залегающих пластов и изменением твердости пород. Встречая наклонно залегающий пласт большей твердости, чем пробуренный, долото начинает бурить твердую породу лишь одной стороной и постепенно отклоняется от вертикали. При значительной разнице величин диаметров долота ($13\frac{3}{4}$ "") и желонки 6" искривления скважин обнаруживаются с запозданием. Поэтому рекомендуется применять желонки возможно больших диаметров и длин.

Обычно для ликвидации искривления скважины ее заполняют утрамбованной глиной, кирпичом и щебнем до того места, где началось искривление, после чего ствол скважины вновь разбуривают. Указанный способ не всегда дает положительные результаты, так как при вторичном разбуривании долото часто продолжает идти по искривленному стволу. Во избежание этого скважину приходится заполнять материалом, по твердости не уступающим естественным породам. Эта операция весьма трудоемка и длительна.

Автором предложен новый метод, позволяющий исправлять искривленные скважины, пробуренные ударным способом в известняках различной твердости. Рис. 27,а иллюстрирует исправление скважины по данному способу. В этой скважине до глубины 40 м бурение производилось в плотных глинах, и по окончании бурения на указанную глубину скважина была обсажена колонной труб 1 диаметром 14". На глубине 40—45 м бурение по глинам производилось без обсадки трубами; на глубине 45—100 м скважина бурилась в известняках повышенной твердости двутавровым долотом 2 диаметром $13\frac{3}{4}$ " и трубами не обсаживалась. По проекту на глубине 35—100 м скважину следовало оборудовать фильтровой каркасной колонной труб диаметром 10". Однако при спуске в скважину фильтровой колонны последняя остановилась на глубине 55 м и все попытки осадить ее ниже не дали результатов. Стало очевидным, что искривление скважины началось при переходе из глин в известняки.

Исправление скважины производилось следующим образом. К ударной штанге 3 диаметром 5" прикрепили направляющие планки 4, размер которых соответствовал внутреннему диаметру обсадных труб (10"). Затем в забой 1 опустили двутавровое долото диаметром $13\frac{3}{4}$ " с ударной штангой, а трос 5 диаметром 1" размотали с барабана ударного станка. Далее в скважину (рис. 27,б) спустили обсадные трубы 6 диаметром 10" и длиной

40 м, в которые предварительно пропустили свободный конец троса 5, а к внешней поверхности труб приварили направляющие планки 7, центрирующие их в трубах диаметром 14".

Свободный конец троса вновь намотали на барабан ударного станка и долото вместе с ударной штангой подтянули к башмаку труб диаметром 10". Благодаря направляющим планкам буро-

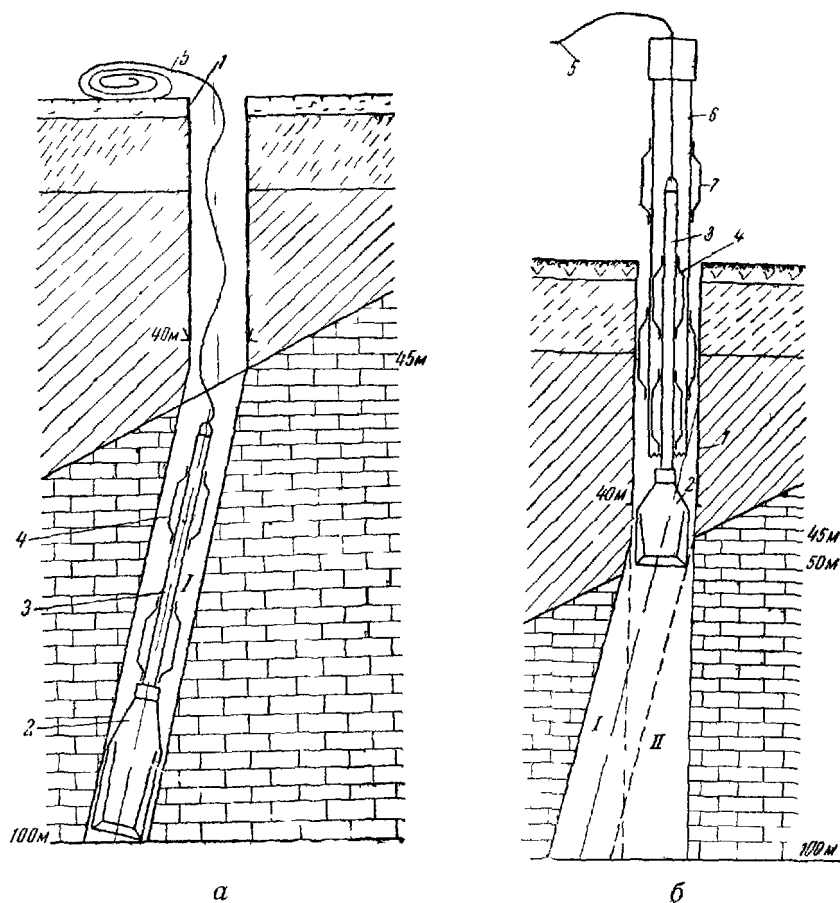


Рис 27. Схема исправления искривленной скважины
а—искривление, б—исправление

вой инструмент располагался строго по центру скважины и изменить своего вертикального направления в процессе бурения уже не мог. При спуске в скважину обсадных труб диаметром 10" с находящимся в них буровым инструментом колонна остановилась на глубине 50 м.

Таким образом, была установлена глубина, с которой необходимо было забурить новый ствол скважины. Одновременно с бурением нового вертикального ствола скважины II производилась

обсадка колонны труб диаметром 10". Для заправки долота и чистки забоя скважины из нее в процессе бурения приходилось извлекать буровой инструмент и обсадные трубы. После заправки или смены долота, а также после очистки скважины от шлама все операции повторялись. До проектной глубины 100 м скважина была добурена за 10 суток. Спущенные в нее фильтровые трубы диаметром 10" беспрепятственно достигли забоя.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙ

Аварии при бурении скважин на воду, как известно, могут иметь место и при ударном и при вращательном методах бурения. Во всех случаях непринятие своевременных и надежных мер к предупреждению аварий серьезно осложняет, затягивает и удорожает буровые работы. Аварии при бурении ударным методом довольно широко освещены в литературе по бурению. Аварии же, происходящие при вращательном бурении, освещены менее широко, хотя в практике работ они также происходят нередко. В этой связи автор находит целесообразным остановиться на рассмотрении наиболее типичных видов аварий при вращательном бурении.

При вращательном бурении скважин на воду наиболее типичными являются аварии, связанные:

а) с разбуханием и оплыванием пород под действием циркулирующей в скважине промывочной жидкости;

б) с обвалами породы в результате потери циркулирующей в скважине промывочной жидкости и отсутствия крепления стенок скважины трубами;

в) с применением некачественного глинистого раствора при проходке песчаной толщи пород.

Аварии, связанные с разбуханием и оплыванием пород

На рис. 28 показана взятая из практики бурения схема конструкции скважины, подвергшейся аварии вследствие образования пробки из разбуренной породы.

После производства затрубной под давлением цементации колонны труб диаметром 14" бурение продолжалось шарошечным долотом диаметром 13³/₄". На глубине 62—70 м от поверхности земли были пересечены пропластки сухого твердого мергеля. На глубине 80 м давление грязевых насосов стало резко увеличиваться. Вместо того чтобы принять все меры к ликвидации образовавшейся над долотом пробки из разбухшего мергеля, руководитель бурения приступил к извлечению бурильного инструмента на поверхность земли. При подъеме бурильного инструмента пробка над долотом уплотнилась. Прекратилась циркуляция промывочной жидкости. Скважина оказалась аварийной.

Данный случай, как и многие аналогичные ему, подсказывает, что при бурении разбухающих пород следует очень внимательно следить за показаниями манометра грязевого насоса. При повышении давления нужно немедленно проверить состояние ствола

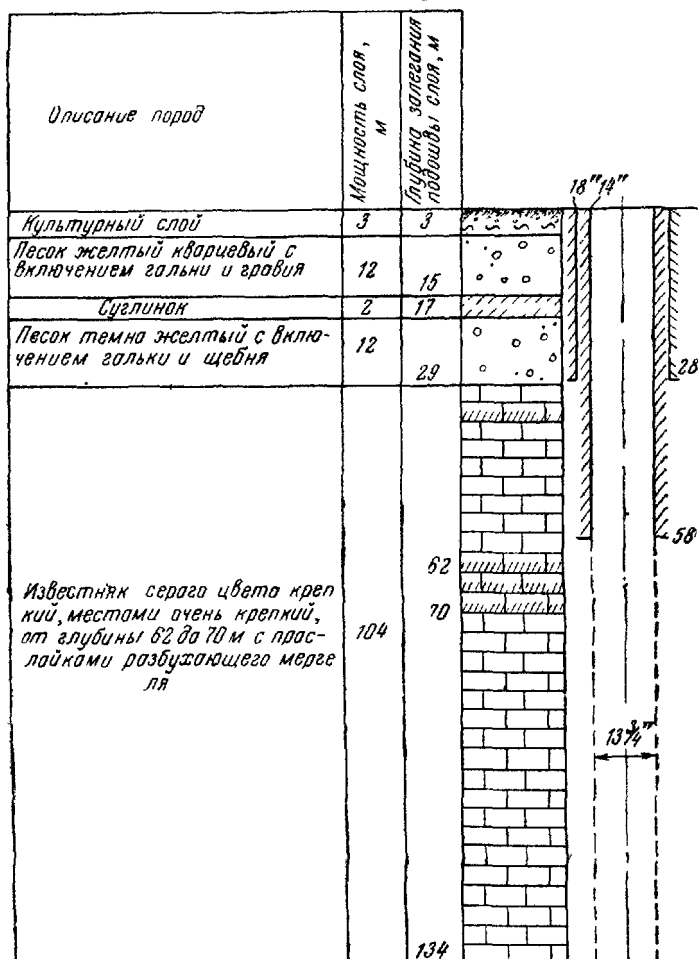


Рис. 28. Схема скважины, подвергшейся аварии вследствие образования пробки из пород

скважины. При разбухании стенок и образовании пробки над долотом необходимо принять меры к ее ликвидации. Это достигается повторной разбуркой одного и того же участка скважины.

Аварии, связанные с обвалами породы

Случай аварии такого рода проиллюстрирован на рис. 29. На нем дана схема конструкции скважины, пробуренной под Мо-

скважой. После затрубной цементации колонны труб 1 диаметром 14" (рис. 29) бурение скважины было продолжено долотом диаметром 13³/₄". Следующей колонной обсадных труб диаметром 10" предусматривалась изоляция водоносных известняков от вы-

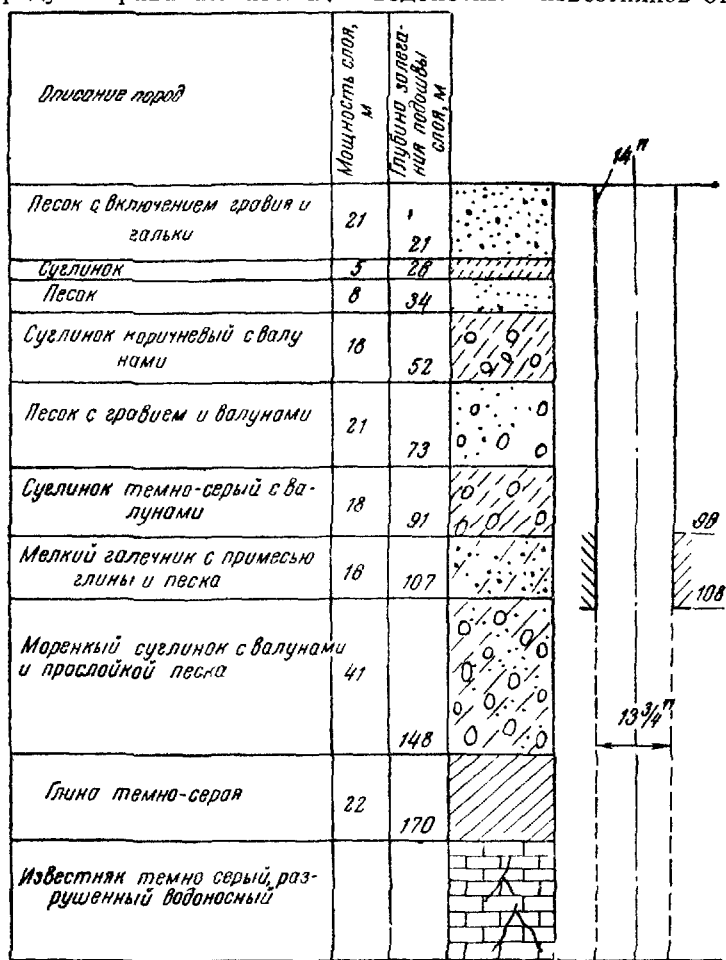


Рис. 29. Схема скважины, подвергшейся аварии вследствие обрушения неустойчивой толщи пород

шележащих пород. Пробурив мощный слой глины и врезавшись на глубину 170 м в водоносные известняки, руководителю работы следовало остановить бурение и начать обсадку колонны труб диаметром 10". Однако проходка водоносных известняков продолжалась до глубины 179 м. На указанной глубине произошло полное поглощение промывочной жидкости. Так как в пределах глубин 107—148 м залегали неустойчивые моренные суглинки

с прослойками песка, необходимо было немедленно поднять буровой инструмент в обсадные трубы диаметром 14". Однако этого не было сделано. В результате неустойчивая толща пород обрушилась и завалила бурильный инструмент. Скважина оказалась аварийной.

Аварии вследствие применения некачественного глинистого раствора

При бурении песчаной толщи особое значение приобретает качество глинистого раствора, так как в результате применения некачественного глинистого раствора при бурении этих отложений очень часто не удается поднять весь выбуренный песок на поверхность земли, и, кроме того, некачественный глинистый раствор вызывает размывание и обвал стенок скважины. При применении некачественного раствора даже кратковременная остановка прязевого насоса может привести к сильному зашламованию бурильного инструмента.

Для улучшения качества раствора и повышения его коллоидальных свойств полезно к глинистому раствору добавлять небольшие порции кальцинированной соды (из расчета 5—10 кг на 1 м³ раствора). Еще лучше обрабатывать глинистый раствор углекислым реагентом.

Ликвидация аварий

Все аварии описанных выше видов ликвидируются обуриванием заклинившегося инструмента дополнительным приспособлением.

Такое приспособление показано на рис. 30. Оно состоит из фрезера 1, армированного победитом, обсадной трубы 2 и переходной муфты 3 с обсадной трубы на бурильные трубы 4.

Обсадная труба должна иметь длину l большую, чем длина каждой бурильной свечи l_1 , заклиненной в скважине, и расстояния l_2 от шарошек заклиненного долота до муфты 5 бурильной свечи.

При несоблюдении этого условия разбуриванию последней заклиненной бурильной свечи и заклиненного долота будет мешать переходная муфта 3, в которую при разбуривании будет упираться муфта 5, заклиненного в скважине инструмента.

Для быстрой ликвидации аварий следует отвернуть и извлечь на поверхность земли весь бурильный инструмент, расположенный выше шарошечного долота.

Если не удастся извлечь бурильный инструмент, необходимо приступить к развертыванию и извлечению из скважины свободных бурильных свечей, расположенных выше кровли разбухшего мергеля. После того как свободный бурильный инструмент будет

развернут до муфты 5 (или до долота) и извлечен на поверхность земли, следует приступить к разбурке заклиненных бурильных свечей и долота. Разбуривание производится фрезером, находящимся на конце обсадной трубы, с применением качественного

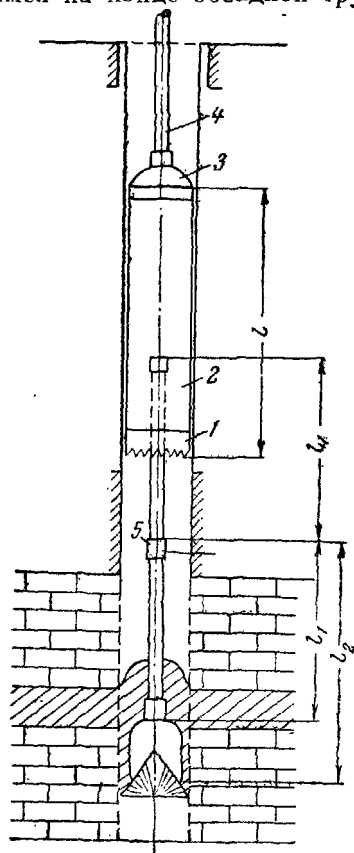


Рис. 30. Схема ликвидации аварии—заклинивания оборудования с помощью специального инструмента

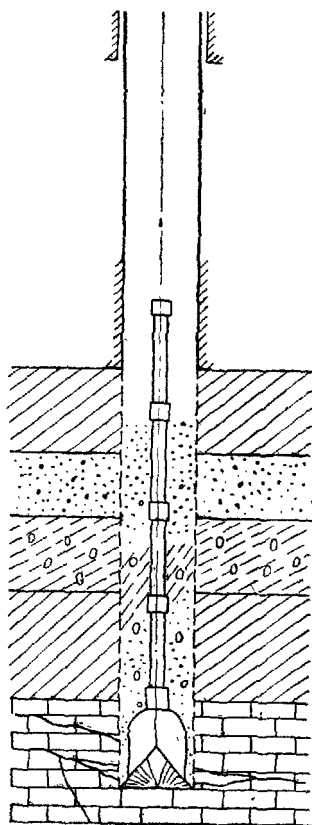


Рис. 31. Схема ликвидации аварии—заклинивания долота и бурильных свечей

глинистого раствора удельного веса 1,25. После того как фрезером будут обурены шарошки заклиненного долота, из скважины следует извлечь приспособление для обуривания и спустить в нее правый бурильный инструмент, который соединяется с заклиненными свечей или долотом. Путем незначительной натяжки и вращения от ротора заклиненный в скважине бурильный инструмент приводится во вращение, а затем легко извлекается на поверхность земли.

Рис. 31 иллюстрирует заклинку долота и бурильных свечей вследствие обвала незакрепленного трубами неустойчивого ство-

ла скважины, вызванного полным поглощением промывочной жидкости, при вскрытии скважиной зоны трещиноватых водоносных известняков.

В этом случае значительная часть бурильных труб уже будет заклинена обвалившейся породой. Как и в первом случае, следует попытаться извлечь на поверхность весь бурильный инструмент целиком, если же это не удастся, разбуривание и извлечение оставшегося в скважине инструмента произвести по частям. При этом сначала отвертывается и извлекается на поверхность земли инструмент, находящийся выше кровли обвала, а затем обуривается и извлекается по одной или по несколько свечей весь остальной заклиненный инструмент. Извлечение его производится до тех пор, пока фрезер не дойдет до заклиненного долота.

Дальнейшие операции по ликвидации аварии аналогичны описанным выше.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКВАЖИН НА ВОДУ

Своевременное и качественное сооружение эксплуатационных скважин во многом зависит от качества проекта. Проект скважины, составленный на основании детального изучения района бурения, сокращает сроки ее сооружения. Если проект составлен без учета результатов, полученных на ранее пробуренных скважинах, то запроектированная эксплуатационная скважина приобретает характер разведочно-эксплуатационной и даже разведочной, вследствие чего выполнение проекта бурения зачастую осложняется.

В проекте приводятся сведения о местонахождении скважины, рельефе и гидрографии местности, гидрогеологические разрезы ранее пробуренных скважин в данном районе с указанием абсолютных отметок их устьев, статических уровней, удельных дебитов и способов откачки воды, а также физико-химических и бактериологических свойств последней.

К проекту прилагаются разрез и конструкция скважины.

Проектный разрез скважины на воду составляется в определенном масштабе с подробным описанием литологического состава подлежащих бурению горных пород с указанием их геологического возраста, мощности, категории их буримости и глубины залегания кровли в абсолютных отметках. Обязательно указывается абсолютная отметка устья скважины.

На основании указанного в проекте статического уровня и удельного дебита подлежащего эксплуатации водоносного горизонта определяется положение динамического уровня воды в сооружаемой скважине. На основании данных о величине динамического уровня воды и потребном дебите выбирается тип водоподъемника для скважины.

Габариты водоподъемника служат основанием для выбора диаметра эксплуатационной обсадной колонны труб, а также

диаметров остальных труб для крепления ствола скважины и фильтра. Следует избегать установки фильтровых труб диаметром менее 6", ибо практика показывает, что такие фильтры трудно чистить от шлама. Конструкция фильтра выбирается на основании данных о гранулометрическом составе бурящихся водоносных пород.

При составлении проекта скважины на воду следует стремиться к тому, чтобы в нем были предусмотрены:

1) закрепление скважины наименьшим количеством колонн обсадных труб (но не менее двух);

2) оборудование водоносного горизонта фильтром наибольшего диаметра и рациональной конструкции на основании характеристики водоносных пород;

3) изоляция подлежащих эксплуатации водоносных горизонтов от вышележащих путем цементации обсадной колонны труб;

4) проходка строго вертикальной скважины;

Завершается проект сметно-финансовыми расчетами.

Некоторые рациональные приемы заложения и оборудования скважин на воду

Пример 1 (рис. 32). Проектом предусмотрена эксплуатация двух водоносных горизонтов. Верхний водоносный горизонт *I'* представлен песками, нижний — известняками 2.

После установки и цементирования кондуктора 3 вращательное бурение скважины производится до кровли водоносного известняка с применением качественного глинистого раствора. Продолжение бурения в водоносном известняке связано с опасностью вскрытия трещин, поглощения промывочной жидкости и обвала песков верхнего водоносного горизонта. В результате бурильный инструмент может быть заклинен обвалившимся песком и скважина оказаться аварийной.

Во избежание аварии после вскрытия кровли водоносного известняка бурение целесообразно остановить и промыть скважину маловязким глинистым раствором удельного веса 1,15. Затем ствол скважины нужно оборудовать сетчатой фильтровой колонной труб 4, нижний глухой конец которой задавливается в цементный раствор 5, предварительно закачанный на забой скважины через бурильный инструмент. Кольцевой зазор 6 между кондуктором 3 и верхним концом фильтра цементируется с поверхности земли.

Цементация необходима для придания фильтровым трубам устойчивости и предотвращения проникания песков верхнего водоносного горизонта в нижнюю часть скважины. По окончании цементирования скважина промывается чистой водой до полного осветления, а затем производятся тартание воды желонкой и пробная откачка.

После пробной откачки бурение продолжается до проектной глубины, а затем в скважину спускается вторая каркасная фильтровая колонна 7 и производится пробная откачка только из нижнего водоносного горизонта. У кровли водоносных известня-

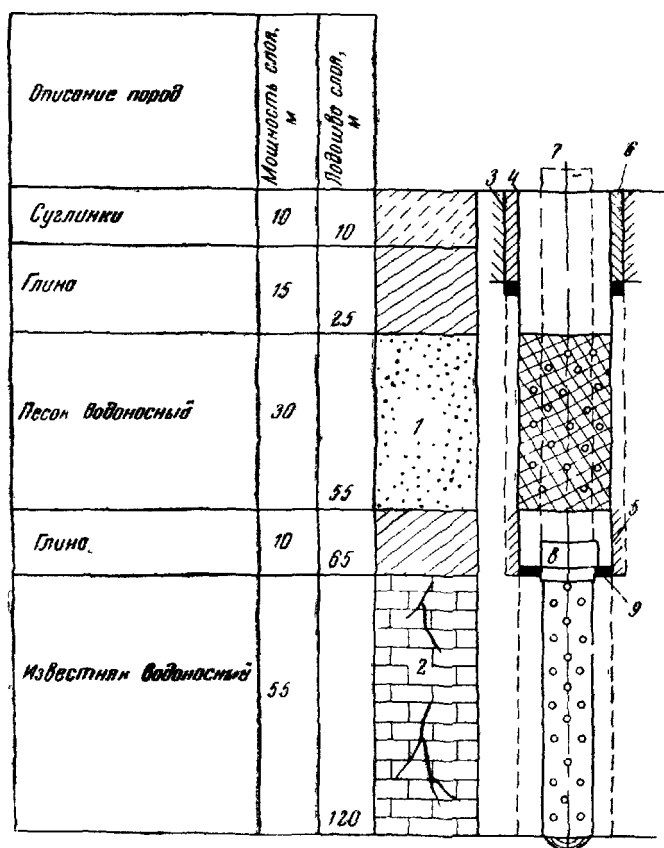


Рис. 32. Конструкция скважины для одновременной эксплуатации двух водоносных горизонтов — песка и известняка

ков фильтровая колонна труб оборудуется левой муфтой 8 и пеньковым сальником 9. После извлечения из скважины глухой верхней части фильтровой колонны 7 оба водоносных горизонта могут быть объединены.

Пример 2 (рис. 33). В отличие от предыдущего примера, в данном разрезе известняки нижнего водоносного горизонта содержат пропластки песка. В этом случае во избежание пескования скважины нижняя часть фильтровой колонны труб 1 оплавляется сеткой галунного плетения.

Пример 3 (рис. 34) Данный рисунок иллюстрирует геологический разрез скважины с тремя водоносными горизонтами. Верхний водоносный горизонт 1 представлен песками, средний 2 — твердым мелом, нижний 3 — известняком.

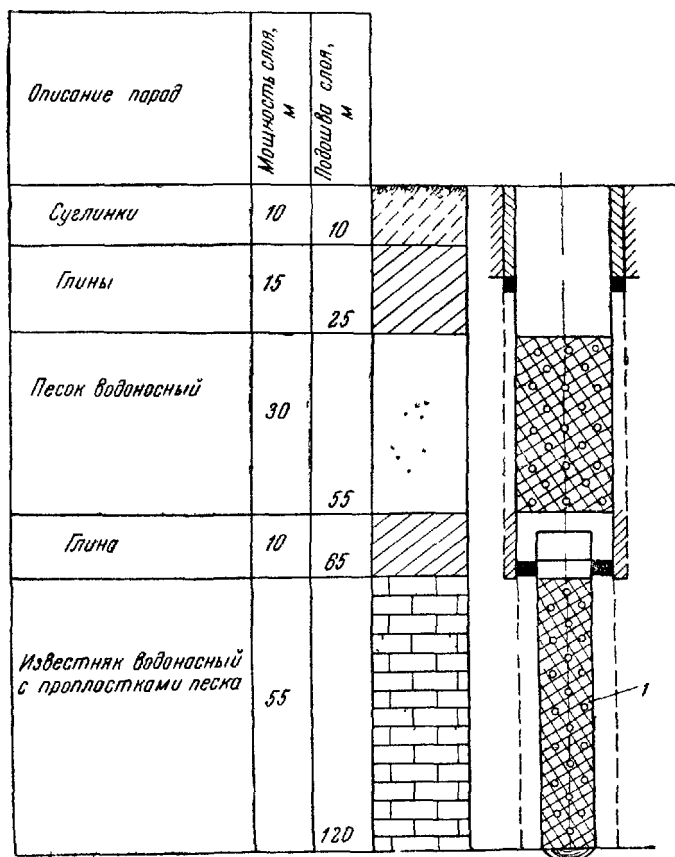


Рис. 33. Конструкция скважины для одновременной эксплуатации двух водоносных горизонтов—песка и известняка с песчаными пропластками

Проектом предусматривается эксплуатация среднего и нижнего водоносных горизонтов. Верхний водоносный горизонт подлежит изоляции как содержащий загрязненную воду. Поэтому первая обсадная колонна труб 4 цементируется от кровли мела до поверхности земли по методу затрубной под давлением цементации.

После затвердения цемента бурение продолжается долотами РХ до кровли нижнего водоносного горизонта. В качестве промывочной жидкости применяется чистая вода. Затем ствол пробуренной скважины оборудуется фильтровой колонной труб 5. Ниж-

ний глухой конец фильтровой колонны труб задавливается в цементный раствор 6, предварительно закачанный в забой скважины через бурильный инструмент.

Ниже подошвы песков верхнего водоносного горизонта фильтровая колонна труб 5 оборудуется манжетом 7 и производится

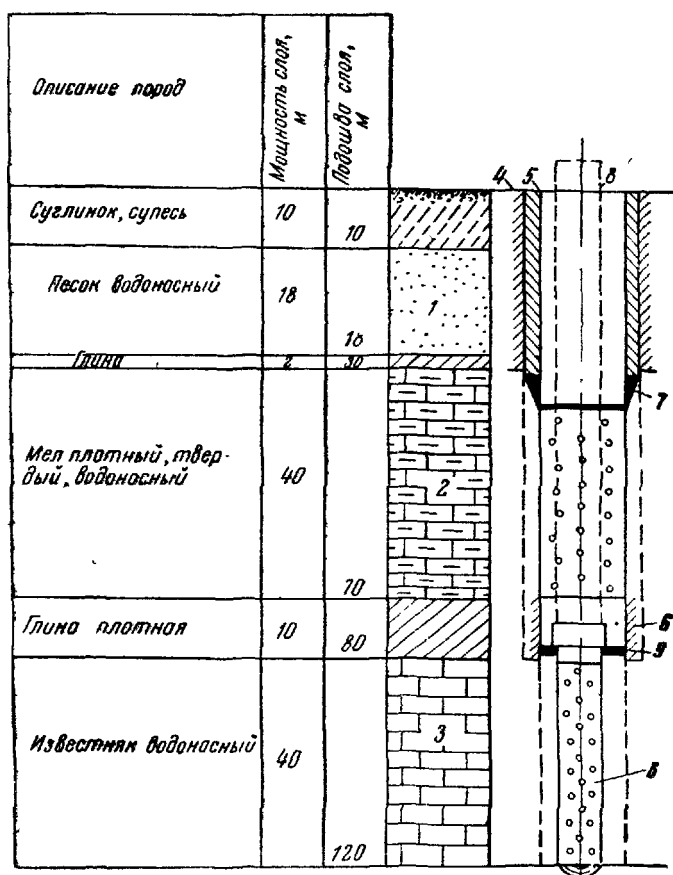


Рис. 34. Конструкция скважины для эксплуатации двух нижних водоносных горизонтов—твердого мела и известняка

манжетная заливка цементного раствора в затрубное пространство для предотвращения проникания песка в скважину и придания устойчивости фильтру 5. После затвердения цемента производится пробная откачка из водоносного мела. Затем бурение продолжается шарошечными долотами до проектной глубины. После всего этого нижний водоносный горизонт оборудуется фильтром 8 с сальником 9 и производится пробная откачка воды только из нижнего горизонта. По извлечении из скважины глу-

хой верхней части фильтровой колонны 8 оба водоносных горизонта могут быть объединены.

Пример 4 (рис. 35). На данном рисунке геологический разрез скважины представлен тремя водоносными горизонтами, из которых верхний водоносный горизонт 1 подлeжит изоляции как содержащий загрязненную воду. В отличие от предыдущего слу-

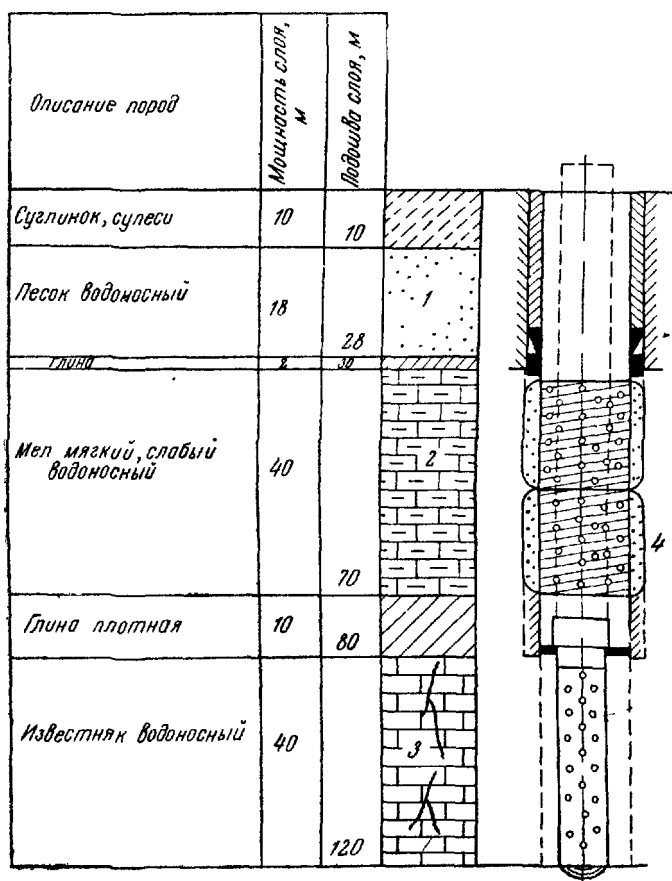


Рис. 35. Конструкция скважины для эксплуатации двух водоносных горизонтов—мягкого мела и известняка

чая здесь средний водоносный горизонт 2 сложен слабым, мягким мелом. Такой мел обладает способностью оплывать, оползать и заполнять пробуренный ствол скважины. Поэтому его бурение производится с применением качественного глинистого раствора удельного веса 1,2. Как показала практика, оборудование мягкого мела бессетчатым фильтром приводит к прониканию мела в ствол скважины через отверстия в трубах.

В процессе пробной откачки и дальнейшей эксплуатации скважины мягкий мел постепенно размывается и выносится водой на поверхность. Стенки ствола скважины обрушиваются, образуя воронки. В результате пески, залегающие над мелом, несмотря на ранее сделанный тампонаж цементом, через отверстия в трубах прорываются в ствол скважины. Происходит оседание пло-

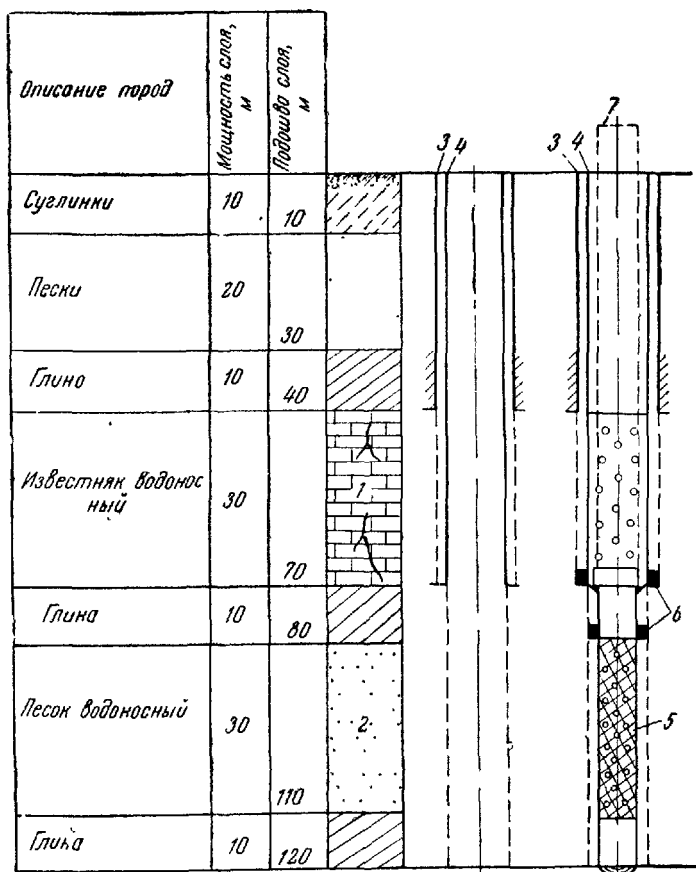


Рис. 36. Конструкция скважины для эксплуатации двух водоносных горизонтов—известняка и песка

щадки вокруг скважины и последнюю приходится исправлять. Во избежание осложнений горизонт мягкого мела следует оборудовать гравийным фильтром 4, изготовленным на поверхности земли. Такой фильтр предохраняет мягкий мел от размыва, обеспечивает максимальный дебит воды и предотвращает прорыв водоносных песков в ствол скважины. Над гравийным фильтром

устанавливаются пеньковый сальник и манжет с производством манжетной цементации до поверхности земли.

Пример 5 (рис. 36). В данном случае проектом предусмотрена эксплуатация двух водоносных горизонтов, из которых верхний 1 представлен известняком, нижний 2 — песками.

Первая колонна обсадных труб 3 цементируется от кровли водоносного известняка на определенную высоту по методу затрубной цементации под давлением.

Бурение продолжается в известняке шарошечными долотами до кровли глин.

Затем производится пробная откачка воды из верхнего водоносного горизонта. По окончании откачки верхний водоносный горизонт изолируется глухой колонной труб 4 с задавливанием башмака в глину.

Это делается потому, что бурение долотами одного диаметра от башмака колонны труб 3 до проектной глубины невозможно вследствие неизбежного поглощения промывки водоносным известняком и связанных с этим осложнений.

Бурение до проектной глубины продолжается долотами РХ с применением глинистого раствора. По окончании бурения глухая колонна труб 4, изолирующая водоносные известняки, из скважины извлекается, а последняя оборудуется ступенчатой фильтровой колонной труб 5. Нижняя часть фильтровой колонны сетчатая, верхняя — каркасная. Фильтровая колонна труб у кровли и подошвы глин оборудована пеньковым сальником 6.

После оборудования скважины фильтровой колонной производится пробная откачка воды из нижнего водоносного горизонта. Для этого в скважину опускается дополнительно глухая колонна труб 7, конец которой прочно соединяется с муфтой нижней сетчатой фильтровой колонны труб 5.

По извлечении из скважины глухой колонны труб 7 оба водоносных горизонта могут быть объединены.

НЕКОТОРЫЕ СОВЕТЫ ПО БЕЗОПАСНОМУ ВЕДЕНИЮ РАБОТ И НАБЛЮДЕНИЮ ЗА МЕХАНИЗМАМИ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН НА ВОДУ

1. Все движущиеся части механизмов должны быть надежно закрыты соответствующими щитами, колпаками и другими ограждениями.

2. Подъем и спуск тяжелых деталей оборудования должен производиться при помощи пеньковых канатов.

3. Станок и машины, имеющие холостой и рабочие шкивы, должны быть снабжены переводными механизмами с запорными приспособлениями, устраняющими самопроизвольный переход ремня.

4. Соединение приводных ремней должно быть прочным и гладким.

5. При работе с домкратами необходимо следить за правильностью их установки. Заложение каких-либо прокладок между головкой домкрата и закрепленными на штангах или трубах лафетами или хомутами не допускается.

6. При вращении винтов домкрата необходимо следить за соблюдением равномерности их подъема и опускания. В случае перекоса домкрата в процессе натяжки инструмента последний должен быть освобожден и домкрату придано должное положение.

7. При осуществлении натяжки инструмента домкратом выполняющие эту операцию должны находиться от него (домкрата) на расстоянии не менее метра.

8. Гидравлические домкраты должны быть снабжены манометрами.

9. Поверхность катушки для наматывания каната должна быть совершенно гладкой; шпонка катушки не должна выступать из ее ребер.

10. Для наворачивания и отворачивания бурильных и обсадных труб с помощью катушки должен применяться только пеньковый или джутовый канат диаметром не менее 32 мм.

Пользоваться растрепанным, мокрым или связанным канатом запрещается.

11. При механическом свертывании труб рабочие должны находиться вне радиуса вращения ручки.

12. Подтягивать тяжелые обсадные и бурильные трубы руками запрещается.

13. Работа с элеваторами с неисправными замками запрещается.

14. Спуск и подъем людей на элеваторах запрещается.

15. Верховой рабочий должен быть снабжен предохранительным поясом.

16. Подъемный крюк должен иметь безопасный, автоматический затвор.

17. Клинья для зажима бурильных труб в роторе должны иметь несгибающиеся металлические ручки длиной 20—25 см.

18. Тормозить движущиеся механизмы бурового оборудования, а также включать и выключать кулачковые муфты с помощью ломов и труб запрещается.

19. Натяжение цепей Галля при обрыве следует производить только при помощи специальных клещей.

20. Цепи Галля должны быть снабжены исправными шплинтами.

21. Во время бурения нужно внимательно следить за состоянием и правильной работой насоса.

22. С таким же вниманием нужно следить за работой трансмиссии насоса с цепной передачей.

23. Приемный клапан насоса (храпка) надо периодически встряхивать и очищать от грязи.

24. Поршневую набивку насоса необходимо своевременно подтягивать, а при необходимости заменять.

25. Крышки клапанов грязевого насоса должны быть плотно пригнаны и иметь качественные прокладки.

26. Манометры должны быть исправными.

27. Во избежание разрыва грязевого насоса при запрессовке долота на его предохранительных клапанах должны быть вделаны калиброванные шпильки.

28. Во избежание преждевременного срабатывания троса необходимо внимательно следить за правильной намоткой его на барабан бурового станка.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | Стр. |
|---|------|
| Предисловие | 3 |
| Оборудование для бурения скважин на воду | 5 |
| Основные требования к качеству глинистых растворов | 7 |
| Технология вращательного бурения скважин на воду | 11 |
| Оборудование скважин водоподъемниками | 15 |
| Обеспечение вертикальности скважин | 16 |
| Бурение фонтанирующих скважин | 19 |
| Специальные работы при вращательном бурении | 21 |
| Оборудование скважин на воду фильтрами | 29 |
| Пескование скважин и их восстановление | 41 |
| Предотвращение и ликвидация аварий | 53 |
| Проектирование скважин на воду | 58 |
| Некоторые советы по безопасному ведению работ и наблюдению за механизмами при бурении скважин на воду | 65 |

Айрапетян Георгий Эвандович
Опыт бурения скважин на воду

Редактор *Б. И. Воздвиженский*
 Техн. редактор *Н. Д. Попов*

Редактор издательства *Г. Ф. Неманова*
 Корректор *Э. М. Гольцер*

Слано в набор 12/IV 1957 г.
 Формат бумаги 60×92¹/₁₆.
 Т-06420

2,125 бум. л.
 Тираж 7000 экз.

Подписано к печати 28/VI 1957 г.
 4,25 печ. л. 3,85 уч.-изд. л.
 Заказ. 563 Цена 1 р. 95 к.

Картофабрика Госгеолтехиздата