

Б 159660

Г.С. БРОДОВ

**БУРЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ
СКВАЖИН НА ВОДУ**

**ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО,
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
И РАСЧЁТ**



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2006

Б 159660

Г.С. БРОДОВ

**БУРЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ
СКВАЖИН НА ВОДУ**

**ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО,
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
И РАСЧЁТ**

Бурение на воду - расчёт

**ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока**

РИЦ СПИГИ. 25.03.2005. З.169. Т.30000экз.

СПИГИ(ТУ)

Главная библиотека



864769



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2006

**БРОДОВ Г.С., д.т.н. БУРЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ СКВАЖИН НА ВОДУ.
ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ.
СПб., 2006. 154 с.**

В книге рассмотрены вопросы практического применения существующих технических средств бурения и оборудования скважин с целью водоснабжения. Даны рекомендации по технологии различных способов бурения, обоснованию и проектированию конструкций скважин, выбору рациональных типов породоразрушающего инструмента. Приведены краткие сведения из гидрогеологии, знакомящие читателя с условиями и характером залегания подземных вод. Большое внимание в книге уделено применению фильтров, их конструкции, изготовлению и эффективному использованию. Приведены основные нормативные документы по природопользованию, регламентирующие требования экологии и санитарии к сохранению подземных источников водоснабжения.

Книга является практическим пособием для инженеров-буровиков и гидрогеологов, технических специалистов, занимающихся бурением гидрогеологических скважин и скважин с целью водоснабжения. Может быть использована в качестве учебного пособия для преподавателей и студентов горных ВУЗ'ов специальностей - «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» и «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания».

Ил.: 48. Табл.: 30. Библиогр.: 34.

Рецензент: проф., д.т.н. Ю.Т. Морозов

© Авторский коллектив

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	5
1. Краткие сведения из гидрогеологии.....	6
1.1 Гидрогеология и подземные воды, как источник водоснабжения.....	7
1.2. Водопроницаемые и водоупорные горные породы.....	8
1.3. Виды подземных вод.....	9
1.4. Производительность (дебит) скважины.....	12
1.5. Гидрогеологические поиски и разведка.....	13
1.6. Предпосылки изыскания подземных вод.....	14
1.7. Определение мест бурения по признакам водоносности.....	18
2. Буровые установки для бурения скважин на воду.....	20
2.1. Буровые установки УРБ-2А2 и УРБ-2,5А.....	20
2.2. Установки гидрогеологического бурения УГБ-1ВСГ (УГБ-50М).....	22
2.3. Буровые установки ПБУ-2 и УБР-12.....	25
2.4. Буровые установки УМБ-20 и ЛБУ-50.....	29
2.5. Буровые установки УРБ-3А3.....	30
2.6. Буровые агрегаты 1БА15.....	32
2.7. Буровая установка УБВ-600.....	35
3. Буровые промывочные насосы.....	37
4. Трубы бурильные, колонковые и обсадные.....	38
5. Буровой породоразрушающий инструмент.....	42
5.1. Твёрдосплавные коронки.....	42
5.2. Долота шарошечные.....	47
5.3. Долота режущего типа.....	50
5.4. Долото универсальное термомеханическое.....	51
6. Фильтры.....	53
6.1. Применение фильтров в различных горных породах.....	54
6.2. Каркас фильтра и его изготовление.....	55
6.3. Гравийно-песчаный фильтр.....	57
6.4. Гравийно-проволочный фильтр с чехлом.....	60
6.5. Сетчатые фильтры с сетками из меди, латуни и нержавеющей стали.....	62
6.6. Крепление металлических сеток на каркасах фильтров.....	69
6.7. Проволочные фильтры.....	70
6.8. Щелистые фильтры.....	71
6.9. Фильтры с полимерными сетками.....	71
6.10. Сальники.....	73
6.11. Спуск и обнажение фильтра.....	74
6.12. Проверка работы фильтра, очистка и замена.....	76
7. Пробные откачки, насосы и водоподъёмники.....	82
7.1. Пробные откачки.....	82
7.2. Водоподъёмники.....	84
7.3. Монтаж оголовка скважины и насосов.....	86
7.4. Работа штанговых насосов простого действия.....	87
7.5. Работа штанговых насосов двойного действия.....	89

7.6. Привод штангового насоса, агрегат-качалка НК-2А.....	
7.7. Погружные артезианские насосы.....	
7.8. Эрлифты (воздушные насосы).....	
7.9. Смесительные наконечники.....	
7.10. Вакуум-нагнетательный эрлифт.....	
8. Изолирование водоносных горизонтов и крепление стенок скважин.....	
8.1. Крепление обсадными трубами.....	
8.2. Крепление вяжущими материалами и композиционными смесями.....	
8.3. Тампонирование скважин глиной.....	
8.4. Цементирование скважин.....	
8.5. Временное и оперативное тампонирование скважин.....	
8.6. Расчёт цементирования скважин.....	
8.7. Испытание тампонажа.....	
9. Проектирование конструкций скважин.....	
10. Технология вращательного бурения на воду.....	
10.1. Вскрытие водоносных горизонтов.....	
10.2. Из зарубежного опыта вскрытия водоносных горизонтов.....	
10.3. Бурение твёрдосплавными коронками.....	
10.4. Бурение шарошечными долотами.....	
10.5. Предупреждение и ликвидация аварий.....	
10.6. Ликвидационный тампонаж.....	
11. Ударно-канатное бурение.....	
11.1. Станки и буровой инструмент.....	
11.2. Технологические режимы бурения.....	
11.3. Предупреждение и ликвидация аварий.....	
12. Специальные технологии бурения.....	
13. Экспресс-методы исследования и оценки качества подземных вод.....	
13.1. Определение физических свойств воды.....	
13.2. Оценка бактериологических свойств воды.....	
Приложения:	
1. Оформление разрешения на природопользование.....	14
2. «Водозаборные скважины» (из СНиП 3.05.04-85).....	14
3. Контролируемые показатели качества воды подземных источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения (СанПиН 21.4.027-95).....	14
4. Рекомендуемые показатели проектной гидрогеотехнической карты (ПГТК).....	15
5. Перечень нормативных документов по природопользованию при бурении скважин на воду.....	152
Литературные источники.....	152

ПРЕДИСЛОВИЕ

Техногенная деятельность, как фактор развития цивилизации, во всём мире оказывает возрастающее отрицательное воздействие на природу. Это не только парадокс взаимодействия разума и среды обитания, но и печальный факт, не исключающий неисправимых последствий для их существования. Техногенные катастрофы, отходы промышленного производства, химизация сельского хозяйства, отходы жизнедеятельности населения, урбанизация - всё это факторы, играющие решающую роль в этом процессе.

Вода, занимающая большую часть поверхности Земли, в конечном итоге, воспринимает на себя эту нагрузку. В то же время вода является одним из основных источников жизни на планете. В результате загрязнения рек, озёр, морей ухудшается состояние подземных источников воды. А ведь подземные источники являются стратегическими запасниками этого ценнейшего полезного ископаемого. Они должны сохранять природные свойства сотни и тысячи лет.

Потребность водоснабжения из подземных источников многократно возросла в настоящее время. Добыча подземных вод производится при помощи буровых скважин или колодцев. При бурении скважин неизбежно осуществляется контакт бурового инструмента с водоносными горизонтами и водами, что приводит к дополнительному риску их загрязнения. При этом, требования экологии по сохранению подземных источников, установленные в технических правилах, нормативах ГОСТ и СНиП по бурению и сооружению гидрогеологических скважин, нередко, не соблюдаются.

Одной из причин такого состояния является недостаточность практической информации в области бурения и оборудования скважин на воду, когда контроль за нормативными требованиями затруднён. В связи с этим в предлагаемом пособии поставлена цель помочь специалистам подземного водоснабжения сориентироваться в выборе имеющегося бурового оборудования, обосновании способа бурения, рациональном использовании породоразрушающего инструмента, применении эффективных технологических режимов бурения в различных геолого-технических условиях. Больше внимание уделено традиционным способам и технологиям бурения скважин неглубоких и средней глубины, объём которых в реестре составляет 90-95 %.

Технология бурения рассмотрена с учётом парка занятых на производстве буровых установок. Представленные в пособии буровые установки составляют 80 % от числа работающих в области водоснабжения. Техника и технологии бурения скважин на воду ещё не нашедшие широкого практического применения подробно не рассмотрены. Не рассмотрены также технические средства, в том числе вспомогательный инструмент, не имеющие специфики бурения скважин на воду. Эти средства широко освещены в справочной литературе. В книге приведена методика расчёта параметров водоносности скважин, обоснования конструкций фильтров, показаны предпосылки по рациональным способам откачек воды и оборудования скважин в соответствии с требованиями охраны окружающей среды.

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ГИДРОГЕОЛОГИИ

ВСЁ О ВОДЕ

Окись водорода, H_2O – простейшее химическое соединение водорода с кислородом. Бесцветная (в слое толщиной св. 2 м – голубоватая) жидкость; гл. составная часть *гидросферы*. В виде водяного пара содержится в воздухе. Входит в состав почвы, а также многих минералов и горных пород (напр., глина содержит до 14 % химически связанной воды, гипс – до 20,9 %). Качественный состав воды определил в 1783 г. А. Лаувазье, а количественный – Лаувазье и Ж. Мённе (Франция) в 1785.

В современной 100-градусной шкале ($^{\circ}C$) $t_{пл}$ воды принята за $0^{\circ}C$, а $t_{кип}$ – за $100^{\circ}C$. Наибольшую плотность вода имеет при $+4^{\circ}$ ($1 см^3$ воды весит 1 г); при 0° плотность льда $916,8 кг/м^3$, а плотность воды $999,968 кг/м^3$. Давление водяного пара равно $4,579 мм$ рт. ст. при 0° и $760,00 мм$ рт. ст. при 100° ; критич. температура плавления 374° , критич. давление $21,85 МПа$. Скрытая теплота плавления льда $79,4 кал/г$, скрытая теплота парообразования $538,9 кал/г$ при 100° . Вязкость воды (в сантипуазах) $1,789$ при 0° и $0,282$ при 100° . Коэффициент преломления для спектральной линии натрия $1,33299$ при 20° и $760 мм$ рт. ст. Электропроводность чистой воды мала: $4,3 \cdot 10^{-8} ом^{-1} см^{-1}$ при 18° ; диэлектрическая проницаемость $80,6$ при 18° .

Вода обнаруживает ряд аномалий. Так, плавление льда сопровождается не расширением, как у большинства веществ, а сжатием; при повышении температуры от 0° до 4° плотность воды возрастает, а затем уменьшается с ростом температуры. Вода обладает очень большой удельной теплоёмкостью, которая при $15^{\circ}C$ принимается равной $1 калории$. Аномальны также и некоторые другие свойства воды. Все наблюдаемые отклонения связаны с особенностями структуры воды, которые обусловлены тетраэдрическим строением её молекул и наличием водородных связей.

При обычной температуре вода из элементов (в отсутствие катализаторов) не образуется; при 300° реакция протекает медленно, а при 550° – со взрывом. Молекула воды термически устойчива, распад на элементы достигает заметной величины лишь выше 2000° . В жидком виде диссоциация воды ничтожна (концентрация ионов H^+ и OH^- равна $1 \cdot 10^{-7}$).

Свыше 360 миллионов квадратных км поверхности земного шара (около 71 %) занято океанами и морями; более миллиарда кубических км воды наполняют океаны, моря, озёра и реки. Они насыщают атмосферу и циркулируют в горных породах, слагающих земную кору. Пресных вод на Земле – всего 2 % и только 1 % пригодных для питья.

Энциклопедический справочник

1.1. ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КАК ИСТОЧНИК ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Гидрогеология изучает вопросы о происхождении, составе, движении и распределении подземных вод в горных породах, слагающих земную кору, и о взаимодействии горных пород с этими водами. Эта отрасль науки призвана обслуживать различные отрасли народного хозяйства и в первую очередь – водоснабжение. Для правильного решения вопросов водоснабжения за счёт подземных вод необходимо иметь краткое понятие об основах гидрогеологии.

Гидрогеология изучает состав, происхождение, движение, закономерности распространения и условия выхода на земную поверхность подземных вод. Основными источниками информации являются буровые скважины и колодцы.

Гидрогеология решает практические задачи, связанные с поисками, разведкой, и каптажем подземных вод для целей водоснабжения, орошения, лечебно-медицинского обслуживания и добычи из воды различных солей и некоторых химических элементов (напр., йода, брома, бора, радия и др.).

Гидрогеологические изыскания проводятся также для разработки мероприятий по борьбе с водопритоками в горных выработках, при работах по осушению земель и при строительстве инженерных сооружений.

Гидрогеология развивается как отрасль геологии; при этом подземные воды рассматриваются ею в тесной связи с горными породами и историей развития земной коры. Гидрогеология связана с гидравликой, гидрохимией, гидрологией, климатологией, метеорологией, а также с инженерной геологией, грунтоведением, почвоведением и с многими областями геологоразведки и геофизики. Закономерности распространения и условия залегания подземных вод изучает региональная гидрогеология. Данные используются для проведения буровых работ по водоснабжению.

Для питьевого и технического водоснабжения могут быть использованы как подземные воды, так и поверхностные (воды рек, озёр и прудов). Водоснабжение, основанное на использовании подземных вод, имеет ряд преимуществ перед водоснабжением за счёт вод поверхностных.

Эти преимущества заключаются в следующем:

- расход поверхностных вод значительно изменяется по временам года, увеличиваясь весной и во время продолжительных дождей и уменьшаясь в засушливое время и зимой. Температура поверхностных вод в летнее время резко повышается. Расход и температура подземных вод в течение года изменяются незначительно;

- поверхностные воды легко загрязняются, содержат обычно примеси органических веществ (а также песчаные и глинистые частицы) и должны подвергаться очистке в специально сооружаемых довольно дорогих и сложных фильтровальных устройствах.

В подземных водах загрязнение обычно отсутствует; потому что эти воды в большинстве случаев защищены толщей вышележащих пород и благодаря своему медленному движению хорошо отстаиваются и очищаются.

1.2. ВОДОПРОНИЦАЕМЫЕ И ВОДОУПОРНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Горные породы, слагающие земную кору, а также условия их залегания чрезвычайно разнообразны. Образовав когда-то твердую оболочку земли, подвергались впоследствии и подвергаются в настоящее время постоянному разрушению или выветриванию на поверхности. Выветривание горных пород происходит под воздействием воды, ветра, льда, смены температур и других факторов.

В результате их разрушения отлагаются новые горные породы - пелиты, галечники, глины. Такие вторично образующиеся горные породы вследствие длительных горообразовательных процессов, сопровождающихся большим давлением и высокой температурой, изменяют свое строение и свойства (таморфизируются): пески превращаются в песчаники, глины - в сланцы, галечники - в конгломераты, ракушечники - в кристаллические известняки и мраморы и т.д. Отложения горных пород становятся водопроницаемыми и водонепроницаемыми или водоупорными.

Водопроницаемыми и, в большинстве случаев также водоносными, являются горные породы, хорошо пропускающие (фильтрующие) воду. Это всевозможные пески, гравий, галечники, щебень, валунные отложения и т.д. т.е. породы, в которых имеется достаточное количество пустот для проникновения и передвижения воды. Движение воды или фильтрация в этих породах совершается по закону Дарси, а пласты пород характеризуются коэффициентом фильтрации (скорость фильтрации при напорном градиенте, равном 1 м/сут), определяемым откачкой, нагнетанием или расчетом.

Водоупорными горными породами являются плотные тяжелые глины, плотные суглинки, а также сланцы, плотные песчаники и кристаллические породы при отсутствии у них трещиноватости. При наличии трещиноватости сланцы и другие перечисленные породы становятся водопроницаемыми, в сколькую в них создается возможность циркуляции вод по трещинам.

Слои водопроницаемых и водоупорных горных пород нередко чередуются. Формы и виды залегания отдельных слоев горных пород и пачек их (так называемых свит) весьма разнообразны. Наряду с горизонтальным залеганием часто наблюдаются корытообразные впадины, изгибы и седлообразные поднятия отдельных слоев и их свит.

Иногда различной кривизны слои выходят на земную поверхность. Атмосферные осадки, выпадающие на открытую поверхность этих слоев, просачиваются в глубь земли, причем наиболее благоприятны для скопления воды на границе толщи слоев песчаных, гравийных, галечных или трещиноватых горных пород - известняков, сланцев, песчаников и т.п. Глины и кристаллические породы без трещин являются водоупорными, и образование в них скоплений воды, пригодной для практического использования, невозможно.

В открытых водотоках и водоёмах имеется резкая граница между водой горными породами, по которым вода течет или, в которых она вмещается (между водой озера и вмещающей ее озерной «чашей», между рекой и речным руслом). Подземные же воды тесно связаны с вмещающими их горными породами

и насыщают рыхлые породы подобно тому, как бывает насыщена водой губка. В трещинах горных пород подземные воды образуют сложную сеть взаимно пересекающихся, а иногда и разобщенных каналов.

В верхних частях земной коры преобладают подземные воды в песках и других рыхлых горных породах. На значительных глубинах подземные воды встречаются преимущественно в трещиноватых горных породах.

Подобно тому, как моря и озера располагаются, а реки протекают в пониженных участках земной поверхности, подземные воды скапливаются на большей или меньшей глубине в пониженных участках подземного рельефа подстилающих их водоупорных пород.

1.3. ВИДЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

По условиям залегания и питания водоносных горизонтов различают следующие типы подземных вод:

- а) верховодка;
- б) грунтовые воды со свободной поверхностью;
- в) безнапорные межпластовые воды;
- г) артезианские (напорные) воды.

Кроме того, по условиям движения в водоносных слоях различают подземные воды, циркулирующие в рыхлых песчано-галечниковых слоях, и воды трещиноватых скальных пород.

Так как все подземные воды содержатся в водоносных пластах, то для характеристики перечисленных выше типов, подземных вод необходимо предварительно кратко рассмотреть строение пластов с водоносными горизонтами.

Основными элементами водоносного пласта являются подошва, кровля и мощность, рис.1. Исследуя водоносный пласт или горизонт необходимо различать горные породы самого пласта и породы его подошвы и кровли.

Подошвой водоносного горизонта называются горные породы, подстилающие водоносный горизонт и, в частности, их верхняя поверхность.



Рис.1. Схема строения водоносного пласта

1 - верхний водоупорный пласт; 2 - нижний водоупорный пласт; 3 - водоносный пласт; 4 - кровля водоносного пласта; 5 - подошва водоносного пласта; 6 - мощность водоносного пласта

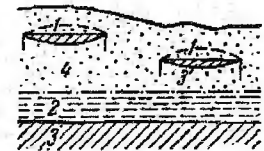


Рис.2. Условия образования верховодки

1 - уровень верховодки; 2 - основной водоносный горизонт; 3 - водоупорная порода; 4 - водопроницаемая порода

Кровлей называют горные породы, покрывающие водоносный горизонт сверху и, в частности, их нижняя поверхность. Водоносные горизонты залегают на водоупорных или весьма слабо проницаемых для воды горных породах. Поэтому подошву водоносного горизонта называют обычно водоупорной подошвой (или просто водоупором).

Мощность водоносного пласта - это его толщина.

Верховодкой называют подземные воды, которые находятся обычно на глубине 2-3 м от поверхности над водоупорными прослоями, имеющими большое распространение по площади, рис.2. В местах, где водоупорные прослои кончаются, верховодка также исчезает, стекая в нижележащий более мощный водоносный горизонт. Водообильность верховодки незначительна и непостоянна и в основном зависит от количества выпадающих осадков. В периоды засухи, а также зимой верховодка нередко совершенно исчезает. Для водоснабжения, даже мелкого и временного, верховодку используют очень редко.

Так как верховодка легко загрязняется с поверхности земли, то при бурении скважин для водоснабжения верховодку необходимо тщательно изолировать обсадными трубами, чтобы избежать загрязнения нижерасположенного водоносного горизонта.

Горизонты грунтовых вод со свободной поверхностью залегают на ближайшем от поверхности земли водоупорном слое. Содержащиеся в них водоносные слои сложены зернистыми рыхлыми или скальными трещиноватыми породами.

Таким образом, подземные воды этого типа могут питаться за счёт инфильтрации в глубины атмосферных вод по всей площади водоносного горизонта и легко загрязняются водами, просачивающимися из выгребных ям, отхожих дворов и т.п. Поэтому при использовании грунтовых вод со свободной поверхностью для водоснабжения необходимо обеспечить тщательный санитарно-технический надзор. Эти воды безнапорные, но если они залегают в виде линз, то могут иметь местный напор, рис.3.

Подземные воды, циркулирующие в водоносных породах, расположенных между двумя водоупорными слоями, могут быть безнапорными или же обладать определенным напором. В этом последнем случае они называются артезианскими. Грунтовые межпластовые воды соединяются с поверхностью земли водопроницаемыми слоями лишь на отдельных участках своего распространения; на всей остальной площади они хорошо защищены от поверхностного загрязнения верхним водоупором, рис. 4.

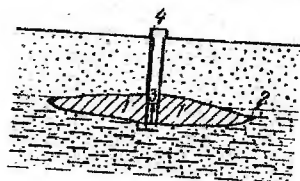


Рис. 3. Местный напор грунтовых вод

1 - водоупорный прослой (линия); 2 - уровень грунтовых вод при бурении; 3 - высота подъема грунтовых вод при бурении; 4 - буровая скважина

При вскрытии этих вод уровень их в скважинах устанавливается либо выше водоупорной кровли водоносного слоя, либо на границе верхнего водоупора и водоносного слоя.

Артезианские водоносные горизонты (от Artesium - латинского названия франц. провинции Артуа, где на эти воды в 1126 г. впервые были пробурены скважины) также залегают между двумя водоупорами, имеют напор и надежно защищены от поверхностного загрязнения. В отличие от грунтовых, артезианские воды часто имеют отдаленную область питания - за несколько километров и даже за десятки и сотни километров.

Артезианские воды находятся обычно в тектонических структурах (впадинах, мульдах, синклиналях и др.), образуя т.н. артезианские бассейны, рис. 5. Артезианский бассейн - это бассейн подземных вод в пределах одной или нескольких геологических структур, заключающий напорные водоносные горизонты. В пределах массивов кристаллических и метаморфических пород, разбитых трещинами и тектоническими разрывами, также создаются водонапорные системы артезианского типа. В артезианских бассейнах различаются: области питания, или современной инфильтрации атмосферных вод, и области распространения напорных водоносных горизонтов, а также участки (очаги) разгрузки артезианских вод - места выхода на земную поверхность крупных источников. Величина напора артезианских вод зависит главным образом от разницы отметок уровня воды в области питания и места выхода артезианских вод.

При вскрытии буровыми скважинами водоносных горизонтов артезианские воды всегда поднимаются в этих скважинах (в трубах) выше водоупорной кровли водоносного пласта и при достаточной высоте напора эти воды сами изливаются на поверхность или фонтанируют.

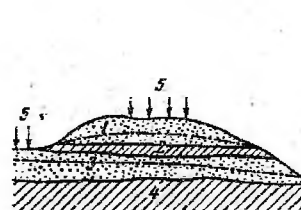


Рис. 4. Условия залегания межпластовых вод

1 - горизонт грунтовых вод; 2 - верхний водоупорный пласт; 3 - межпластовый водоносный горизонт; 4 - нижний водоупорный пласт; 5 - область питания грунтовых вод.

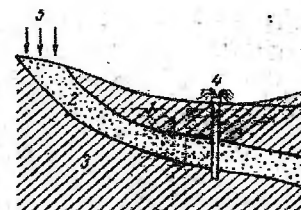


Рис. 5. Условия залегания артезианских вод

1 - верхний водоупорный пласт; 2 - артезианский водоносный горизонт; 3 - нижний водоупорный пласт; 4 - буровая скважина; 5 - область питания артезианского горизонта.

На тех участках, где артезианские воды получают питание, они приобретают характер или грунтовых вод со свободной поверхностью, или межпластовых грунтовых вод.

1.4. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ (ДЕБИТ) СКВАЖИНЫ

Если от подземной воды, движущейся в слое рыхлых водопроницаемых пород, отбирать при помощи откачки из скважины некоторое ее количество, то уровень ее понизится тем значительно, чем большее количество воды откачивается за определённый промежуток времени. Это понижение уровня воды, называемого статическим, будет происходить не только в самой скважине, но и в окружающей ее водоносной породе, постепенно уменьшаясь по мере удаления от скважины. На верхнем уровне подземной воды образуется воронка с понижением к скважине.

По истечении некоторого времени при равномерной откачке воды (с постоянным расходом) в скважине установится пониженный, но постоянный на время откачки уровень (называемый динамическим), отвечающий наступившему равновесию между отбором воды путем откачки и притоком ее из окружающего водоносного слоя.

Непрерывное понижение уровня воды в скважине при откачке свидетельствует о том, что равновесие между отбором воды и притоком ее в скважину (т. е. установившееся движение подземной воды) еще не наступило. Количество воды, откачиваемое из скважины при каком-то постоянном динамическом уровне, называется **производительностью** (дебитом) скважины при этом уровне и выражается в кубических метрах воды в час или в литрах в секунду.

Понижение уровня воды в скважине при одном и том же расходе тем больше, чем менее проницаем водоносный слой. В крупных галечниках, например при откачке с небольшой производительностью, нельзя сколько-нибудь заметно понизить уровень подземной воды. В мелкозернистом водоносном слое, наоборот, уже непродолжительная откачка может вызвать понижение уровня на несколько метров.

Как уже было сказано, понижение уровня подземных вод наблюдается не только в откачиваемой скважине, но и на некотором расстоянии от неё. Если недалеко от буровой скважины, из которой производится откачка, имеются скважины или колодцы, то в них также будет происходить пониже-

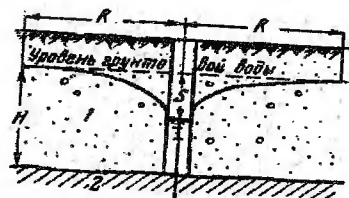


Рис. 6. Схема воронки депрессии при откачке из скважины

1-водоносная порода; 2-водоупорная порода; H-первоначальный, непониженный столб воды в скважине; S-понижение уровня воды в скважине при откачке; R-радиус воронки депрессии при данном понижении

ние уровня и восстановление его до прежней глубины при прекращении откачки.

Величина этого понижения будет тем больше, чем ближе расположены колодцы или скважины, в которых проводят наблюдения, к откачиваемой скважине. Такое понижение подземных вод при откачке из водоносного слоя условно называется **воронкой понижения** или **воронкой депрессии**, рис.6. Воронка депрессии в поперечном разрезе имеет тем более крутые стенки или края, чем менее проницаем водоносный слой. И наоборот, чем более слой водопроницаем (т. е. чем легче может проходить через него вода), тем положе будут склоны воронки.

Установление размеров (радиуса) воронки депрессии при данном понижении и дебите скважины имеет большое значение для решения вопроса о заложении новой скважины вблизи действующей, откачиваемой. Когда воронки депрессии двух соседних скважин сомкнутся, их производительность резко уменьшится.

1.5. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОИСКИ И РАЗВЕДКА

Гидрогеологические поиски и разведка предусматривают совокупность работ, выполняемых с целью выявления подземных вод и выяснения их качества, количества, условий залегания и т. п.

Гидрогеологические поиски выполняются обычно путём гидрогеологической съёмки, которая является комплексным полевым исследованием геологического строения района и его водоносности. В задачи съёмки входит изучение источников, колодцев и скважин, водообильности пород при горных разработках, поверхностных водоёмов и рек, явлений, связанных с подземными водами (карст, заболачивание, оползни и др.). Гидрогеологические поиски крупных масштабов нередко сопровождаются буровыми и горнопроходческими работами, опытными откачками, наблюдениями за водным режимом источников и лабораторным анализом проб воды. При гидрогеологических поисках применяются также геофизические методы разведки, особенно электроразведка. В результате этих работ составляются гидрогеологические карты, сопровождаемые гидрогеологическим описанием района.

Задачей *гидрогеологической разведки* является получение расчётных данных для проектирования. При гидрогеологических разведках на проектируемом участке (путём бурения скважин, проходки шурфов и др.) детально выясняются условия залегания подземных вод, а путём опытных откачек из скважин (шурфов) или наблюдений за расходами источников определяется количество воды, которое может быть получено при эксплуатации водоносных горизонтов.

Анализ воды, учёт гидрогеологических и санитарных условий позволяют оценить качество подземных вод, их пригодность для бытового или технического водоснабжения, для использования в лечебных целях или в качестве источника добычи ценного химического сырья (йода, брома, радия и т.п.). Состав и объём поисковых и разведочных гидрогеологических работ зависит от

гидрогеологических условий (типы подземных вод, условия залегания и от назначения и стадии проектирования).

Основным видом работ *гидрогеологической разведки* является бурение скважин с целью поиска и разведки подземных вод и изучения фильтрационных свойств горных пород. *Геологоразведочные работы* при бурении на разведку подразделяется на несколько стадий.

Поисковое бурение, основанием для постановки которого, является изучение и анализ разнообразных геологических предпосылок. Главная цель поисков – обнаружение непосредственного водопроявления или прямых признаков наличия воды.

Разведочное бурение проводится с целью определения количества, качества, условий залегания водоносного источника, горнотехнических факторов и, отчасти, экономической характеристики данного объекта.

Разведочно-эксплуатационное бурение проводится с целью возможной временной или постоянной эксплуатации скважины после завершения намеченных геологоразведочных работ. Возможность перевода скважины в режим эксплуатации предусматривается в её проектной конструкции.

Эксплуатационное бурение проводится с целью сооружения водозаборной скважины, оснащения её средствами откачки длительного водоснабжения и осуществляется на изученных в гидрогеологическом отношении площадях. В процессе эксплуатационного бурения устанавливается достоверность данных гидрогеологической разведки.

1.6. ПРЕПОСЫЛКИ ИЗЫСКАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Подземные воды на обширной территории России находятся в разнообразнейших природных условиях. Формы потоков, бассейнов и выходов этих вод на поверхность зависят от условий залегания водоносных пород.

Основным источником водоснабжения, используемым при помощи мелких буровых скважин, являются грунтовые воды со свободной поверхностью и межпластовые воды, встречающиеся в весьма многообразных условиях. Эти условия для всей территории России подробно рассматриваются в специальных трудах. Здесь могут быть лишь кратко указаны для обширных природных районов наиболее типичные условия нахождения грунтовых вод и те геологические особенности, на которые следует обращать внимание при поисках грунтовых вод и выборе места для заложения скважин.

Грунтовые воды в ледниковых отложениях. Район распространения ледниковых отложений охватывает большую часть Европейской территории России. В далеком прошлом оледенение распространялось с севера на юг и достигло примерно линии городов Брест - Житомир - Кременчуг - Курск - Киров и далее на северо-восток (севернее г. Перми). В Азиатской части России сплошного оледенения не было: отдельные центры оледенения, из которых исходили обширные ледниковые покровы, располагались главным образом в ее крайней северной и северо-восточной частях.

В районе распространения ледниковых отложений гидрогеологические условия обычно неоднородны. В суглинистых ледниковых отложениях редко встречаются источники; грунтовые воды здесь находятся обычно на небольшой глубине, но вследствие малой водопроницаемости и водоотдачи этих пород, запасы и дебит содержащихся в них вод незначительны.

Первый имеющий значение водоносный пласт находится здесь в отдельных случаях на глубине 15-20 м в толще подстилающих суглинки и глины гравийно-песчаных отложений, обычно грубозернистых и образующих межпластовые горизонты иногда напорных вод.

На территории Европейской части России в пределах границ бывшего оледенения на участках, расположенных вдали от речных долин, эти воды являются основным источником водоснабжения, который можно использовать за счёт мелких скважин.

Грунтовые воды речных долин. Обычно заполняющие современные и древние речные долины песчано-гравийно-галечниковые отложения являются водопроницаемыми и повсеместно содержат грунтовые воды, в большинстве случаев со свободной поверхностью.

Количество грунтовых вод в отложениях речных террас достаточно для удовлетворения нужд мелкого, а иногда и крупного водоснабжения. Обильные подрусловые потоки образуются в террасовых отложениях долин в горных и предгорных местностях; эти отложения состоят из гравийно-галечных пород.

Воды подрусловых потоков, при обильности их запасов, характеризуются хорошим качеством и легкой доступностью, благодаря небольшой глубине.

Грунтовые воды степей. В степных районах условия образования наиболее доступных для населения грунтовых вод неблагоприятны вследствие климатических особенностей и геологического строения.

На юге Европейской части России - вне территории ледниковых отложений - грунтовые воды приурочены к обширным пространствам, на которых развиты главным образом толщ лёсса и суглинистых лёссовидных пород, содержащих различные соли и весьма слабо фильтрующих атмосферные осадки. Климат степной полосы отличается умеренным и неустойчивым увлажнением, и значительным испарением. Прорезающие степи овраги еще более понижают уровень грунтовых вод, залегающих здесь глубоко.

Поэтому грунтовые воды южных степных районов не отличаются ни обилием, ни хорошим качеством. Там, где имеются мощные толщи суглинистых лёссовидных пород, характеризующиеся весьма слабой водоотдачей, грунтовые воды находятся глубоко от дневной поверхности, причем часто бывают сильно засолены. Мелкое бурение на воду здесь целесообразно проводить только в долинах рек, в оврагах и балках. Небольшие речки, пересыхающие летом, обычно сохраняют в течение круглого года подземный сток в виде подруслового потока грунтовых вод.

Степные районы Западно-Сибирской равнины имеют иное геологическое строение; грунтовые воды здесь находятся на различных глубинах (от 0,5 до 20 м и более) и весьма разнообразны как по количеству, так и по качеству.

В тех местах, где коренные породы (третичные глины) имеют гипсовые и другие соленосные прослои, грунтовые воды, встречающиеся обычно в песках, бывают засолены. При отсутствии же в глинах и супесях соленосных прослоев можно встретить хорошие пресные воды (в плывнях пластах), иногда с некоторым напором и большим дебитом. Наличие пресных вод в коренных породах степей Западно-Сибирской равнины отражается в химическом составе поверхностных вод - в многочисленных озерах Иштынской и Барабинской степей и приграничья Северного Казахстана встречаются и соленые и пресные воды. Здесь наиболее вероятно получение из скважин пресной воды в местах, расположенных неподалеку от пресных озер, а также в долинах современных и древних рек, где в большинстве случаев в песках небольших глубинах находятся обильные потоки пресных грунтовых вод.

Грунтовые воды межгорных низменностей и предгорных равнин. В межгорных низменностях и предгорных наклонных равнинах (Средней Азии, Закавказья, Северного Кавказа и других районов), сложенных песчаными гравийно-галечными породами с глинистыми прослоями, обычно встречаются обильные грунтовые воды. Верхние части таких равнин, т. е. части их, непосредственно примыкающие к горам, сложены обычно крупнообломочными рыхлыми глинами породами, хорошо фильтрующими обильные воды, стекающие с гор и залегающие здесь глубоко. Далее от гор частицы рыхлообломочных водопроницаемых пород становятся мельче и в этих породах начинают встречаться глинистые и супесчаные водоупорные прослои, подстилающие в виде подземных плотин текущие вниз грунтовые воды. В таких местах грунтовые воды, получая подпор, поднимаются, а иногда выклиниваются на дневную поверхность в виде родников и источников и на сравнительно небольшой глубине могут быть вскрыты буровыми скважинами.

Надземные и подземные воды вечной мерзлоты (по данным М.И. Сумгина) привлекают к себе пристальное внимание. Необходимо учитывать то обстоятельство, что значительная часть территории России расположена в зоне вечной мерзлоты.

Под влиянием сурового климата областей вечной мерзлоты и малого расхода рек зимою большинство рек и озёр на этой территории промерзает до дна, а часто промерзает на некоторую глубину и часть речных наносов дна. На таких реках остаются не промёрзшими только глубокие места (омуты); но в таких омутах зимою вода часто портится и становится непригодной для питья. Не промерзают только большие реки (Лена, Вилюй, Алдан, Зей, Колыма и некоторые другие), но и то только в средних и нижних своих течениях. Однако, некоторая струя речного потока на средних речках сохраняется и считается зимой там, где река промёрзла до дна, в речных наносах. Поэтому надёжными источниками водоснабжения могут быть только крупные реки, а из средних те, которые принимают в себя субаквальные источники удовлетворительного дебита.

Озёра в силу тех же суровых климатических условий, покрываются за зиму мощным слоем льда (до 1,5 и 2,0 м). Мелкие озёра также промерзают до дна.

Альтернативными источниками водоснабжения являются буровые скважины, пробуренные в местах непермерзающих водоносных горизонтов и грунтовых вод.

Грунтовые воды в районах вечной мерзлоты имеются, но при тех же условиях и в меньших количествах, чем в районах без вечной мерзлоты.

Между водой в жидком состоянии и вечно мёрзлой почвой имеется глубокий антагонизм состояний: вода, отдавая свою тепловую энергию вечно мёрзлой почве, стремится вывести её из мёрзлого состояния; и наоборот, вечно мёрзлая почва, поглощая тепловую энергию воды, стремится превратить воду из жидкого тела в твёрдое - лёд.

В результате для каждого района вечной мерзлоты в конкретных климатических условиях устанавливается некоторое подвижное равновесие между количеством наземной и грунтовой воды в жидком виде, с одной стороны, и характером вечной мерзлоты, её географической непрерывности, и её мощностью и температурой - с другой.

Различают в области вечной мерзлоты подземные воды трёх категорий: надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные.

Надмерзлотные воды залегают над толщей вечной мерзлоты, как на водоупорном основании. Как правило, они характеризуются чередованием твёрдой и жидкой фаз состояния воды по временам года.

Питаются или непосредственно за счёт атмосферных осадков или за счёт межмерзлотных вод. Во втором случае надмерзлотные воды могут происходить за счёт межмерзлотных вод, образованных за счёт надмерзлотных вод или за счёт межмерзлотных вод, выносящих на дневную поверхность подмерзлотные воды.

Межмерзлотные воды залегают в толще вечной мерзлоты. Они характеризуются устойчивым во времени состоянием твёрдой и жидкой фаз воды в пределах их подвижного равновесия. Жидкие межмерзлотные воды являются транзитными между надмерзлотными и межмерзлотными водами. Межмерзлотные воды в твёрдом виде залегают в вечно мёрзлой толще в самых разнообразных видах и самой разнообразной мощности - до пластов в десятки метров толщины. Они являются или реликтами древних процессов (ледниковых эпох) или современными образованиями.

Подмерзлотные воды залегают под вечной мерзлотой. Они характеризуются постоянством жидкой фазы и, за редкими исключениями, напором. Образуются они за счёт атмосферных осадков, в частности, за счёт инфильтрации вод рек и озёр, или же за счёт ювенильных вод.

Льды. Содержащиеся в вечной мерзлоте льды имеют несколько классификаций. Одна из них следующая.

1). Ледяные массы, образовавшиеся на дневной поверхности почвы и затем уже попавшие в толщу грунта (ледниковые льды, погребённые снежинки, лёд занесённых наледей и некоторые другие).

2). Ледяные массы, получившиеся от замерзания воды в самом грунте (лёд подземных наледей, лёд от замерзания надмерзлотных и межмерзлотных вод и некоторые другие).

- 3). Сублимационный лёд (по схеме лёд – пар – лёд).
- 4). Льды, образовавшиеся двумя или несколькими из вышеуказанных собоов.

1.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ БУРЕНИЯ ПО ПРИЗНАКАМ ВОДОНОСНОСТИ

Существует множество прямых и косвенных признаков, указывающих на какое залегание грунтовых вод от поверхности земли и существенно облегчающий выбор места для заложения скважины (также колодцев). Присутствие, например почвенном покрове растений, относящихся к группе влаголюбивых (камыш, осо и т. п.), указывает на то, что в данных местах грунтовые воды находятся наиболее близко к поверхности. В равнинных районах, где поверхностные воды отсутствуют летом можно наблюдать в отдельных местах после захода солнца скопления в духе комаров или мошек; такие скопления насекомых происходят обычно над теми местами, где грунтовые воды находятся наиболее близко к земной поверхности. После захода солнца над этими местами появляются первые признаки тумана. Если жаркий день сменяется холодным вечером, то обычно туман на такой равнине образует отдельные облачка, возникающие в местах наибольшей влажности (где наблюдалось роение мошек). Одним из признаков близости грунтовой воды является также образование зимой проталин в снеговом покрове и наледей. В тех местах где содержащая железо грунтовая вода находится близко от поверхности земли наблюдается выделение ржавчины.

В речных поймах грунтовые воды находятся обычно неглубоко, причем, уровень почти совпадает с горизонтом поверхности воды в реке. Исследова склоны долин, иногда можно заметить на них участки, нарушенные оползнями возникающими вследствие действия грунтовой воды на горные породы. На больших глубинах обнаруживаются грунтовые воды также в «старицах», т. е. старых руслах, оставленных рекой.

Наличие на склонах долин или в других местах обильной яркозеленой растительности, когда всюду травяной покров уже увял или выгорел, также является признаком близости грунтовой воды.

Далее, на поверхности склонов речной долины нередко можно заметить прогибы, свидетельствующие о подмыве пород грунтовыми водами. Близ этих прогибов буровыми скважинами можно вскрыть грунтовую воду.

Поблизости от естественных и искусственных поверхностных водоемов (озёр, водохранилищ, прудов) в водопроницаемых породах обычно сравнительно неглубоко залегают грунтовые воды, уровень которых примерно совпадает с горизонтом водоёма.

Надежным признаком грунтовых вод является постоянная заболоченность определенного пункта, а также присутствие родников или источников на склонах речных террас или в оврагах и выходах грунтовых вод в имеющихся поблизости горных выработках (шурфах, шахтах, карьерах).

Существующие в населенных пунктах и вблизи них копаные колодцы и скважины позволяют исследовать состав, свойства и количество воды в данном районе. Если колодцы дают постоянно достаточное количество воды, то можно сделать вывод о наличии в данном месте водоносного пласта, содержащего оп-

ределённый запас воды и обладающего более или менее постоянным дебитом. Поэтому всегда следует располагать хотя бы приближенными сведениями о дебите существующих копаных колодцев.

Если в засушливые годы в таких колодцах уровень воды сильно понижается или вода в них исчезает вовсе, то это еще не всегда служит доказательством бедности водой горизонта питающего колодца, или его лишь временной водоносности. Частичное или полное пересыхание колодцев может объясняться тем, что они прорыты недостаточно глубоко и вскрывают лишь верхнюю часть водоносного горизонта. Так, многие копаные колодцы, сооруженные в период высокого положения уровня грунтовой воды, пересыхают в период низкого его положения. Это объясняется тем, что обычно их роют, в особенности в сельских местностях, так, чтобы слой воды в колодце не превышал 0,75 - 1,25 м, что обеспечивает местную потребность в воде. В засушливые годы такие колодцы совершенно высыхают. Поэтому необходимо измерять не только уровень воды в копаных колодцах, но и глубину колодцев до дна.

При замере глубины уровня воды в колодцах необходимо установить, является ли он естественным или пониженным вследствие отбора воды; в последнем случае необходимо выждать восстановления естественного (первоначального) уровня.

Для более точного определения глубины залегания водоносного горизонта и уровня грунтовых вод в намечаемой для бурения скважине целесообразно сопоставить высоту поверхности земли у существующих колодцев и уровней воды в них. Данные для такого сопоставления получают при помощи нивелира. На построенном по данным нивелирования профиле нетрудно найти глубину водоносного горизонта в намеченном месте и уровень воды в будущей скважине.

Если нивелирование провести нельзя, то в условиях равнинной местности можно грубо приближенно определить глубину грунтовых вод для намечаемой скважины как среднее арифметическое глубины двух ближайших действующих колодцев, между которыми будет расположена скважина.

При окончательном выборе места заложения скважины необходимо руководствоваться также санитарными требованиями и условиями удобства её использования.

В большинстве случаев по гидрогеологическим условиям можно рекомендовать заложение скважины в наиболее пониженных (долины и овраги) местах.

Если скважина закладывается в пределах или вблизи населенного пункта, то выбор ее местоположения необходимо согласовывать с местным (муниципальным) представителем Государственной санитарной инспекции, оформив это соответствующим актом.

Не следует закладывать новую скважину на расстоянии менее 100 м от существующей скважины или колодца, так как при одновременной эксплуатации возможно значительное снижение дебита и уровня воды вследствие их взаимного влияния.

Необходимо также учитывать условия удобства самого бурения - возможность подъезда, подвоза оборудования и инструмента, устройства падки и зумпфа, установки вышки и т.п. С этой точки зрения нежелательное расположение скважин на крутых склонах и косогорах, где устройство падки потребует проведения земляных работ значительного объема. При расположении скважин на речных террасах необходимо закладывать скважины таким расчетом, чтобы устье ее находилось вне досягаемости самых высоких вод при разливе рек. Скважина должна намечаться вдали (не ближе 10 м) от скотных дворов, конюшен, выгребных ям, уборных, кладбищ, свалок и других очагов загрязнения, в особенности, если они расположены на более высоких участках местности, когда по направлению от них к скважине возможен сток поверхностных вод и фильтрация грунтовых вод.

Всегда должен быть обеспечен естественный или искусственный отвод скважины поверхностных загрязненных вод. В каждом отдельном случае допустимые расстояния от скважины до возможных очагов загрязнения и границы санитарной охраны следует уточнять по нормативам и согласовывать с представителем санитарной инспекции.

Обоснованный выбор глубины и диаметра проектируемой скважины (а также типа и конструкции фильтра) может быть значительно облегчен при ознакомлении с гидрогеологическим разрезом данного участка, глубиной и мощностью водонесущего горизонта, а также с составом водоносной породы по данным геологических съемки.

Целесообразно также заранее устанавливать диаметр и тип насоса определенной мощности, которым намечается оборудовать проектируемую скважину для получения требуемого количества воды.

Конечный диаметр скважины зависит от диаметра фильтра и насоса, а от размеров и количества промежуточных обсадных колонн - начальный диаметр скважины.

2. БУРОВЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА ВОДУ

Отличительной особенностью буровых установок для бурения скважин на воду является их способность бурить скважины большого диаметра, осуществлять спуск и подъем тяжелых обсадных колонн и выполнять специальные работы, связанные с вскрытием водоносных горизонтов и откачками подземных вод. Типоразмеры и параметры буровых установок гидрогеологического бурения регламентированы ГОСТ 28802-90 «Установки для бурения гидрогеологических скважин».

2.1. БУРОВАЯ УСТАНОВКА УРБ-2А2 и УРБ-2,5А

Установка УРБ-2А2 с подвижным вращателем предназначена для бурения геофизических, структурно-поисковых и др. скважин при разведке месторождений твердых полезных ископаемых, строительных материалов и подземных вод вращательным способом с очисткой забоя скважины промывкой, продувкой или транспортированием разрушенной породы на поверхность шнеками. В аналогичных условиях применяется установка подобного

класса УРБ-2,5А (и модификации), оснащенная роторным вращателем. Бурение шнеками этой установкой не предусмотрено.

Техническая характеристика установок		
Буровая установка	УРБ-2А2	УРБ-2,5А
Глубина бурения, м:		
геофизических и гидрогеологических скважин	100	100
структурных скважин	200	200
бурение шнеками	30	-
Начальный диаметр бурения, мм	190	190
Конечный диаметр бурения, мм, для скважин:		
колонковых	93	93
бурение шнеками	135	-
Трубы бурильные:		
диаметр, мм	60,3	60,3
Вращатель:	подвижный	ротор
частота вращения, мин ⁻¹	140, 225, 325	100, 200, 300
ход, мм	5200	7500
Привод вращателя:	аксиально-поршневой гидромотор	от коробки передач
Механизм спуска-подъема и подачи инструмента:	гидравлический с полиспастом	цепной с гидрорецилиндром
грузоподъемность, кН	40	40
усилие вниз, при давлении 8,5МПа, кН	25,5	22
скорость подъема инструмента, м/с	0...1,25	0,7; 1,4; 2,1
скорость подачи инструмента, м/с	0...1,1	макс. 0,1
Мощность от раздаточной коробки автомобиля на привод маслостанции и буровой насос, кВт...	44	44
Мачта	сварная с гидродомкратами	
грузоподъемность, кН	58	58
высота, м	8,4	9,5
Буровой насос, тип	НБ-32	11ГРИ
подача промывки, л/с	5,0; 6,5; 8,0; 10	3,75; 6,5
давление (МПа)	5,0; 4,0; 3,2; 2,6	6,3; 5,0
Компрессор	КТ-7	(КТ-7)
производительность, м ³ /мин	6	6
давление, МПа	0,45	0,45
Транспортная база:		
трехосный автомобиль высокой проходимости...	ЗИЛ-131, УРАЛ4320, КАМАЗ 4310	ЗИЛ-131
Максимальная полная масса установки, кг	10000 (ЗИЛ-131) 11500 (УРАЛ 4320) 15100 (КАМАЗ 4310)	10845
Транспортное средство для бурового инструмента	двухосный автомобильный прицеп	ГКБ-817
Максимальная полная масса прицепа, кг		4000
Освещение		от автомобильного аккумулятора 12 В

Отличительной особенностью в конструкции буровой установки УРБ-2А2 является наличие подвижного гидрофицированного вращателя и гидроподъемника, совместная работа которых обеспечивает проведение спуско-

подъемных операций и подачу инструмента при бурении. Управление установкой полностью гидрофицировано и вынесено на пульт бурильщика. Установочная установка в транспортном положении показана на рис. 7.

Особенностью установки УРБ-2,5А является двухбарабанная лебедка с независимым фрикционным включением барабанов лебедки - одного для наматывания каната, поддерживающего инструмент в процессе бурения и для втягивания внутри мачты вертлюга с квадратной ведущей штангой; другого - для наматывания каната при спуско-подъемных операциях.

Дополнительное усилие подачи инструмента на забой обеспечивается ударным механизмом с приводом от гидроцилиндра. Подъем и опускание механизированы.

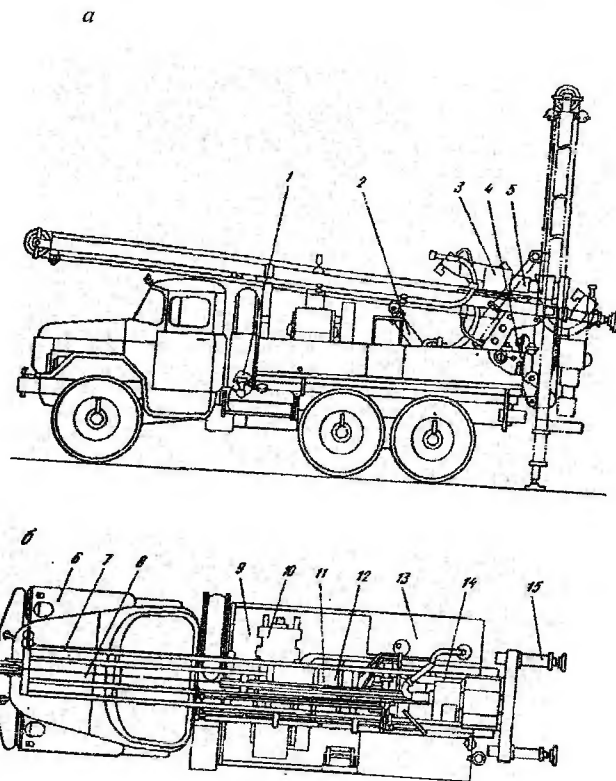


Рис. 7. Буровая установка УРБ-2А2.

а - вид сбоку; б - вид сверху
1 - коробка отбора мощности; 2 - цилиндр подъема мачты; 3 - вращатель; 4 - пульт управления; 5 - элеватор для труб и патрон для шнеков; 6 - автомобиль; 7 - мачта; 8 - талевая система; 9 - рама; 10 - установки бурового насоса и компрессора; 11 - гидродомкрат подачи; 12 - раздаточная коробка; 13 - обвязка гидросистемы; 14 - каретка; 15 - опорный домкрат

2.2. УСТАНОВКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО БУРЕНИЯ УГБ-1ВСГ (УГБ-50М)

Установка предназначена для бурения гидрогеологических и инженерно-геологических скважин, а также для выполнения пробных откачек воды из скважин. Установку используют и для проходки шурфов-дудок.

Установкой можно бурить скважины шнековым, ударно-канатным и вращательным способами, в том числе колонковым при комплектации установки насосом. Буровая установка, рис. 8, смонтирована на шасси автомобиля высокой проходимости ГАЗ-66-02. Установка транспортирует специально оборудованный автоприцеп с комплектом рабочего инструмента

Установка УГБ-1ВСГ была разработана для замены установки УГБ-50М.

Техническая характеристика установок

Буровые установки	УГБ-1ВСГ	УГБ-50М
Номинальная глубина бурения, м:		
шнеками и медленно-вращательным «всухую».....	50	
ударным стаканом.....	25	
колонковым способом с промывкой	100	
Начальный диаметр скважины, мм:		
шнеками	180, 135	
ударным стаканом	127	
колонковым способом	112	
медленно-вращательным	151	
Привод установки	Двигатель Д65ЛС	
Максимальный крутящий момент вращателя, Н·м ..	5000	2500
Частота вращения инструмента, об/мин	40, 80, 125, 325, 500	70, 125, 200
Ход вращателя, мм	3250	1500
Подача вращателя	Гидравлическая	
Усилие подачи, кН:		
вверх	80	27,5
вниз	30	52
Ударный механизм	Кривошипно-шатунный	
Число ударов снаряда в 1 мин	45,80	
Масса ударного снаряда, кг	400	
Ход ударного снаряда, мм	650	
Тип лебедки	Планетарная	
Грузоподъемность лебедки, кН	2620	
Диаметр каната, мм	13...15	
Мачта	Трубчатая, складная	
высота до оси кронблока, м	8,6	8
Механизм подъема и опускания мачты	Гидравлический	
Грузоподъемность мачты, кН	73	
Насос (комплектация)	НБ - 120/40	
Масса, кг:		
буровой установки	6100	6235
прицепа	2000	1900
инструмента	1980	1980
Габариты установки, м.	9,05x2,4x2,75	8x2,25x3,5

Преимущества установки по сравнению с УГБ-50М заключаются в увеличении крутящего момента, расширении диапазона частоты вращения, что позволяет эффективнее использовать установленную мощность, что позволяет использовать установленную мощность. Увеличена длина хода и грузоподъемность механизма подачи, что позволяет повысить механическую скорость бурения, не опасаясь прихватов, и сократить затраты времени на спуско-подъемные и вспомогательные операции.

На базе установки УГБ-1ВСТ был выпущен ряд модификаций:

- буровая установка УГБ-1ВСТ-ГТ-Т имеет транспортную базу – транспортер ГТ-Т;
- установка УГБ-1ВСТ-С смонтирована на санном основании с транспортным средством Т-130МБ;
- установка УГБ-1ВСТ-3 – на базе автомобиля ЗИЛ-131 (габаритные размеры в транспортном положении с прицепом (мм): длина 12750, ширина 2490, высота 2980; масса установки 8900 кг);
- установка УГБ-1ВСТ – на трелевочном тракторе ТТ-4 (габаритные размеры в транспортном положении (мм): длина 7900, ширина 2500, высота 3000; масса установки 15100 кг);
- установка УГБ-1ВСТ-У – на шасси автомобиля «Урал 4320».

В настоящее время эти типы установок не производят, но они ещё находятся в эксплуатации.

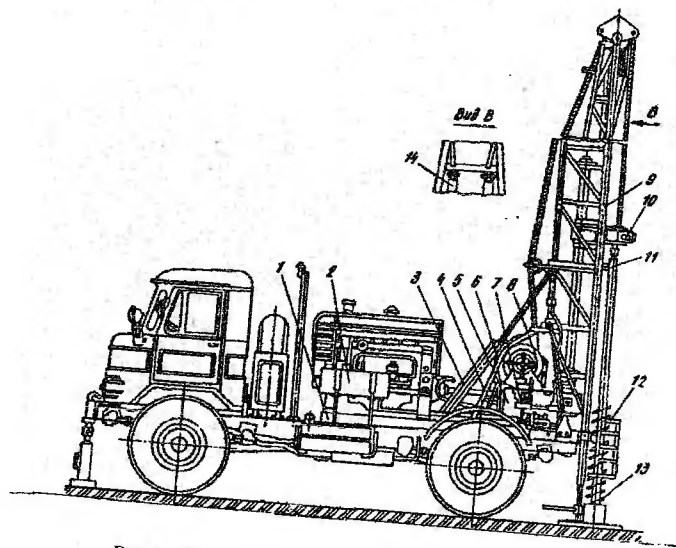


Рис.8. Установка гидрогеологического бурения УГБ-1ВСТ

1 – рама; 2 – двигатель; 3 – цилиндры опускания и подъема мачты; 4 – ударный механизм; 5 – коробка передач; 6 – тормоза; 7 – пульт управления; 8 – лебедка; 9 – мачта; 10 – вращатель; 11 – осветительные фары; 12 – ограждение; 13 – шнек; 14 – гидроцилиндры подачи

2.3. БУРОВАЯ УСТАНОВКА ПБУ-2 И УБР-12

Установка ПБУ-2 (и ПБУ-3) – приемник буровых установок гидрогеологического бурения УГБ-50 и УГБ-1ВСТ. ПБУ-3 в отличие от ПБУ-2 имеет больший крутящий момент и ход вращателя. Основные технические данные установки ПБУ-2 по способам бурения приведены в табл. 1

Установка УБР-12 предназначена для гидрогеологического, разведочного, сейсмогеофизического бурения колонковым способом глубиной до 200 м, скважинами-до 50 м, шурфов-до 20 м и при водопоглощениях с обратной промывкой-до 100 м.

Наиболее популярной и распространённой является установка ПБУ-2. Преимуществом установок ПБУ является привод от автономного палубного двигателя, что обеспечивает возможность их монтажа на передвижных средствах, не имеющих собственного двигателя, либо на которых не возможен отбор мощности. Применение палубного силового агрегата, кроме того, позволяет снизить амортизацию двигателя транспортного средства, существенно снизить расход топлива.

Подвижный вращатель с механическим приводом, в сочетании с мощным гидравлическим механизмом подачи, позволяет создавать значительную осевую нагрузку на породоразрушающий инструмент с первых метров бурения. Таким образом, обеспечивается сочетание преимуществ вращателей роторного и шпиндельного типа.

Конструкция вращателя установки обеспечивает возможность его отвода в сторону от оси скважины, для выполнения спуско-подъемных операций и посадки обсадных колонн с использованием буровой лебедки. Установка в базовой комплектации состоит из смонтированных на единой сварной раме:

- мачты с кронблоком однострунной оснастки, механизмом подачи и подвижным вращателем, приводимым от вертикального вала фигурного сечения;
- буровой лебедки со свободным сбросом груза;
- палубного дизельного двигателя типа Д-65.

По желанию заказчика установка может монтироваться на различных типах транспортных баз, включая грузовые автомобили отечественного производства ЗИЛ-131А, ЗИЛ-433440, УРАЛ-4320, КамАЗ-43114, гусеничные транспортеры МТЛБ-У, ТГМ-126, гусеничный трактор ТТ-4 и его аналоги, санный прицеп. Возможен монтаж на транспортных средствах, представленных заказчиком, при условии соответствующей грузоподъемности и площади платформы.

Установка позволяет выполнять следующие виды работ:

- бурение сейсморазведочных скважин в породах до IV (включительно) категории по буримости; бурение инженерно-геологических и технических скважин в породах до IV (включительно) категории по буримости ударно-канатным (забивным) способом;
- проходку геологоразведочных шурфов в рыхлых наносных отложениях;
- вращательное колонковое бурение с затиркой керна «в сухую» в породах до IV категории по буримости;
- вращательное колонковое и бескерновое бурение с очисткой забоя водой или водными растворами геологоразведочных, гидрогеологических и инже-

нерно-геологических, технических скважин в породах до VIII (включительно) категории по буримости;

- вращательное колонковое и бескерновое бурение с очисткой забоя сжатым воздухом геологоразведочных, гидро- и инженерно-геологических, технических скважин в породах до VIII (включительно) категории по буримости;
- ударно-вращательное колонковое и бескерновое бурение с применением грузных гидроударных машин с очисткой забоя водой или водными растворами геологоразведочных, гидрогеологических и инженерно-геологических скважин в породах до VIII с прослоями IX (включительно) категории по буримости;
- ударно-вращательное колонковое и бескерновое бурение с применением грузных пневмоударных машин с очисткой забоя сжатым воздухом геологоразведочных, гидрогеологических и инженерно-геологических, технических скважин в породах до VIII (включительно) категории по буримости;
- установка обеспечивает выполнение инженерно-геологических изысканий посредством статического зондирования грунтов (глины, суглинки и пески) при условии комплектации механизмом подачи с длиной хода каретки подвижного вращателя 2200 мм (усилие подачи обратного хода до 100 кН).

Таблица 1. Основные технические данные бурения установкой ПБУ-2

Способ бурения	Диаметр бурения, мм	Условная глубина бурения, м
1. Ударно-капатный:		
- ударно-забивными снарядами	135	50
- желонированием	127/108	50
2. Вращательный:		
- «всухую»	132/112	50
- с продувкой	132	100
- с прямой промывкой	132	250
- шнеками	135; 180; 250	50; 50; 25
- шнековым буром	650; 850	до 20

Возможна дополнительная комплектация установок передвижными компрессорными станциями, обеспечивающими увеличение глубины вращательного бурения с продувкой и ударно-вращательного.

Установки серии ПБУ всех модификаций, имеющих самоходную транспортную базу, могут комплектоваться прицепами для инструмента типа СМЗ-8325, СМЗ-710В или ТАПЗ-755.

Органы управления установкой монтируются у основания мачты, на левом, по ходу, борту транспортной базы. Для удобства работы и повышения безопасности труда модели установок, имеющие самоходную транспортную базу, комплектуются съемными площадками оператора бурения.

Для позиционирования установки при забурке скважины на раме монтируются гидравлические опорные домкраты.

Техническая характеристика установок	ПБУ-2 (3)	УБР-12
Глубина скважин, м:		
колонковое бурение.....	100	200
ударное.....	50	100
шнеками.....	50	50
Диаметр колонкового бурения нач., мм.....	132	152
ударно-канатного, мм.....	135	300
Механизм подачи		
усилие подачи, максимальное, кН:		
вниз.....	30	36,5
вверх.....	100	120
скорость подачи, м/с:		
вверх.....	0...0,2	
вниз.....	0...0,1	
ход подачи, мм.....	2200 (3400)	7000
Вращатель:		
крутящий момент, максимальный, Н·м.....	5000 (6000)	15000
частота вращения, мин ⁻¹ (3,4 или 6 передач).....	28 (45)- 507	15-268
тип вращателя.....	подвижный	
Привод установки.....	дизель Д-65Н	а/м
мощность, кВт.....	44 (44)	60
частота вращения выходного вала, мин ⁻¹	1200...1750	
Лебедка, тип.....	со свободным сбросом	
грузоподъемность на прямом канате, кН.....	26	25
скорость наводки каната, м/с:		
I - III передача.....	0,6...2,6	
канатоёмкость барабана (канат 14 мм), м.....	60	200
Балансир, тип.....	кривош.-шатунный.	
ход, мм.....	550	
частота хода на I передаче, мин ⁻¹	40...57	
масса ударного инструмента, максимальная, кг.....	400	500
Насос.....	НБ-160/6,3	НБ-50
подача промывки, л/мин.....	8-160	650
давление макс., МПа.....	6,3	6,3
Компрессор.....	2ВУ 0,25-0,6/16	
Мачта высотой, м.....	5,4	9,0

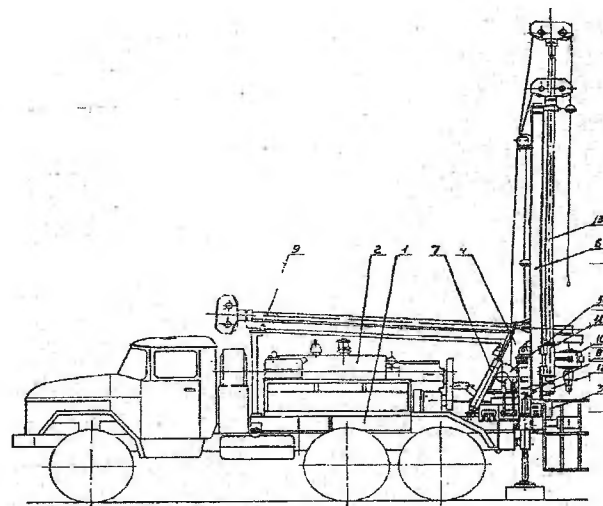
Габаритные размеры и масса ПБУ-2 приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Габаритные размеры буровой установки ПБУ-2

Транспортная база установки	Габаритные размеры установки, мм, не более			
	Длина	Ширина	Высота	Длина с прицепом
Шасси автомобиля				
ЗИЛ-131Л	7750	2500	3200	12900
КамАЗ-4310	8000	2500	3200	—
УРАЛ-4320	8700	2500	3200	13250
ГАЗ-66	6350	2500	3300	9170
Трактор ТТ-4	8100	2500	3450	—
Трактор Т-170Б.01	8000	2250	3360	12100
с санями	(без тракт.)	(без тракт.)	2000	—
Без транспортной базы	4800	2500		

Транспортная база установки	Конструктивное исполнение уста- новки	Масса $\pm 3\%$, кг
Шасси автомобиля ЗИЛ-131Л	ПБУ-2-01	9600
КамАЗ-4310	ПБУ-2-11	11900
УРАЛ-4320	ПБУ-2-21	10900
ГАЗ-66	ПБУ-2-32	6300
Трактор ТТ-4	ПБУ-2-41	16000
Трактор Т-170Б.01 с санями	ПБУ-2-51	6000 (без тракт.)
Без транспортной базы	ПБУ-2-61	4080

Управление буровой установкой осуществляется с пульта у рабочего места бурового мастера. Контроль за работой буровой установки осуществляется приборами, расположенными на щитке приборов и на пульте управления.



1 – рама; 2 – дизель; 3 – коробка передач; 4 – задняя стойка; 5 – лебедка; 6 – мачта; 7 – цилиндр подъема мачты; 8 – винтовой зажим; 9 – откидной болт; 10 – вращатель; 11 – каретка; 12 – кронштейн; 13 – цилиндр подачи

Привод	УДЗСГ-МЗ	а/м
Масса двигателя, кг	520	1300 (6/а)

2.5. БУРОВЫЕ УСТАНОВКИ УРБ-ЗАЗ

Буровые установки типа УРБ-ЗАЗ с роторным вращателем (модернизация УРБ-ЗАМ) представляют собой модификацию комплекса унифицированных самоходных агрегатов БА15 и применяются для бурения скважин поисковых скважин на нефть и газ, для водоснабжения, водопонижения и других целей с прямой промывкой забоя при соответствующей комплектации (варианты исп. 02; 13; 051).

Техническая характеристика установок:

Буровые установки	УРБ-ЗАЗ.051	УРБ-ЗАЗ.02
Грузоподъемность на крюке, кН	200	200
Условная глубина бурения, м:		
трубами 60,3 и 63,5 мм	700	700
трубами 73 и 89 мм	600	400
Диаметр бурения, нач/кон, мм	243/93	243/93
трубами диаметром 60,3 и 63,5 мм	394/190	394/190
трубами диаметром 73 и 89 мм	12	12
Длина бурильной свечи, м	12	12
Силовой привод автономный	дизель ЯМЗ-238	дизель ЯМЗ 236
Потребляемая мощность, кВт (л.с.)	141 (192)	88 (120)
Лебедка	2-х барабанная	2-х барабанная
Мачта:		
расстояние от ротора до кронблока, м	15,5	15,5
Скорость подъема талевого блока, м/с	0,168...1,88	0,2...1,48
Диаметр отверстия стола ротора, мм	410	410
Частота вращения стола ротора, об/мин	31...346	36...269
Максим. крутящий момент, Нм (кгс.м)	7850 (800)	7850 (800)
Насос	Два НБ-50	НБ-50
Габариты буровой установки, мм		
длина	98800	98800
ширина	2500	2500
высота (трансп.)	3750	3750
Масса полного комплекта, кг	19700	19500

Установка имеет механизм свинчивания и развинчивания бурильных труб электродвигателем, а также механизм-противозатаскиватель. Бурильные трубы устанавливаются на подсвечник. На мачте установлена стрела

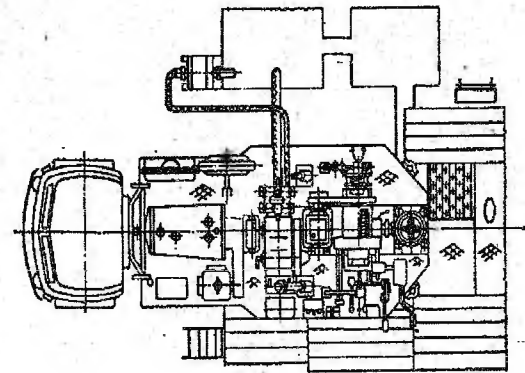
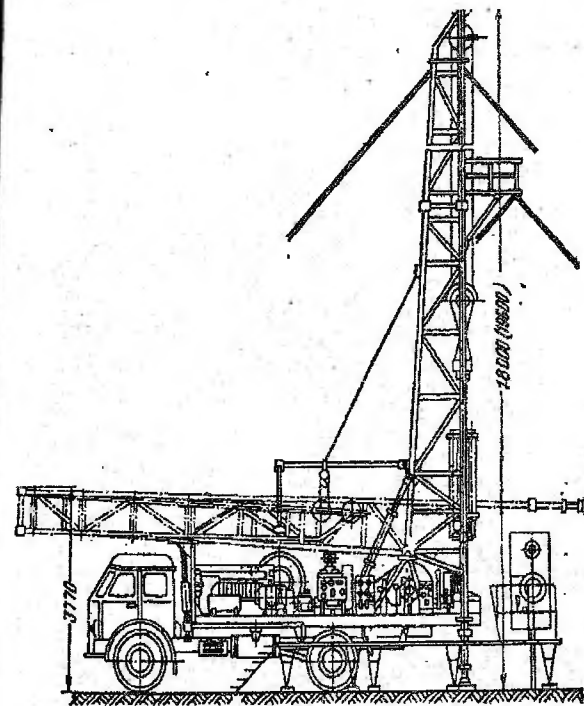


Рис. 10. Буровая установка УРБ-ЗАЗ

Установка УРБ-ЗАЗ, рис.10, смонтирована на базе автомобиля МАЗ-533 или Урал-4320. По сравнению с буровой установкой УРБ-ЗАМ в этой установке увеличены высота подроторного пространства и высота под рамой установки, улучшена система управления при транспортировке блока и уменьшена транспортная ширина блока. В качестве привода используется автономный двигатель повышенной мощности. Мачта складывающегося типа. Подъем и опускание мачты осуществляется гидродомкратами двойного действия. Тормоз лебедки ленточный с ретинаксовыми колодками. Ротор имеет повышенный ресурс работы. На палубе установки расположен генератор мощностью 30 кВт, питающий электромеханизмы, лампы освещения и др. Вращение от палубного двигателя через трансмиссию передается на раздаточный редуктор коробки передач. Буровой насос с клиноременной трансмиссией монтируется на автоприцепе (в предыдущей модификации – на земле).

грузоподъемностью 10 кН с передвижной талью для вспомогательных работ. Установка снабжена легкоъемными укрытиями над рабочим местом оператора и верхового рабочего. Управление механизмами осуществляется дистанционно.

По требованию заказчика в комплекте оборудования поставляется комплект инструментов, позволяющий передавать на буровой инструмент дополнительную нагрузку с усилием подачи 34 кН. Это необходимо в тех случаях, когда бурение скважин осуществляется в твердых и крепких породах.

В модификации установки предусмотрена возможность применения мачты высотой 16,6 м, что обеспечивает работу со свечами длиной 13,5 м, также двухбарабанной лебедки и палубного двигателя ЯМЗ-238.

2.6. БУРОВЫЕ АГРЕГАТЫ 1БА-15

Агрегаты буровые 1БА15в (1БА15в.02; БА15.06; 1БА15н.01; 1БА15н.02) предназначены для бурения роторным способом и сооружения вертикальных скважин в породах мягких и средней твердости с прямой мывкой забоя, а также широко применяются для бурения разведочных скважин другого назначения. Буровые агрегаты представляют собой группу унифицированных буровых машин, смонтированных на шасси автомобиля ЗАЗ-5337 или УРАЛ-4320, оснащенных различными механизмами в соответствии с применяемой потребителем технологии сооружения скважин. Их отличительными особенностями являются высокая производительность, мобильность, простота в управлении, надежность, удобство в обслуживании и ремонте.

Буровой агрегат 1БА15в.02 отличается от известного агрегата 1БА15в.01 следующими особенностями:

- улучшенной транспортабельностью (автомобиль МАЗ-5337 вместо МАЗ-5334);

- повышением ресурса работы агрегата за счет совершенствования карданной передачи, коробки отбора мощности, привода компрессора, стоек и рамы силового блока;

- наличием вертлюга с шарнирно-амортизирующей траверсой оригинальной конструкции;

- улучшенной конструкцией рабочей площадки;

- усовершенствованной ремонтпригодностью агрегата.

Буровой агрегат 1БА15в.02 снабжен дополнительно:

- вспомогательным барабаном лебедки с фрикционным тормозом и системой управления;

- вспомогательным 2-х струнным талевым блоком грузоподъемностью 10 кН;

- канатом длиной 150-200 м для ведения работ в скважине;

- инструментом для спускоподъемных операций труб диаметром 89 мм;

- гидравлическим механизмом подачи бурового инструмента.

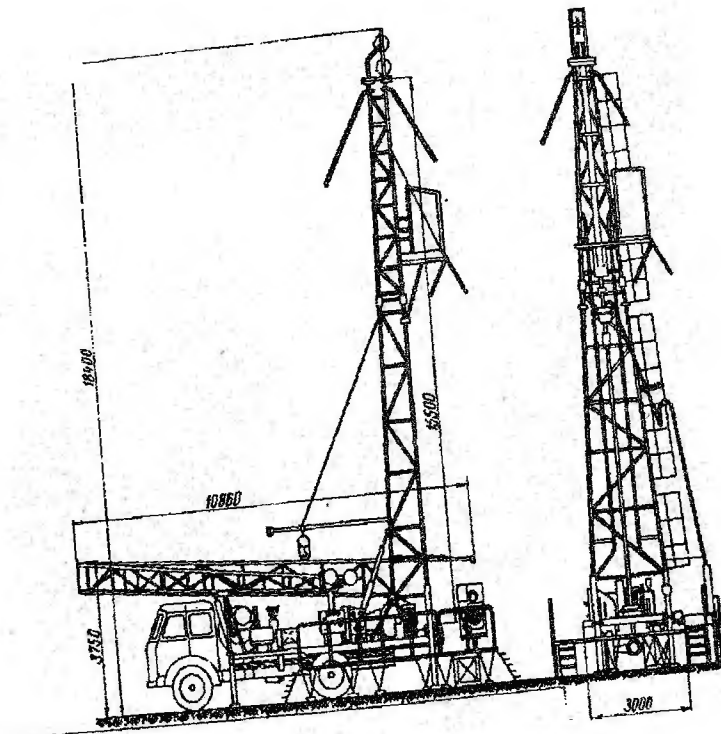


Рис. 11. Буровой агрегат 1БА15в

Техническая характеристика агрегатов

	1БА15в.02(06)	1БА15н.01	1Б
Грузоподъемность кН.....	200	200	
Номинальная глубина бурения, м.....	500...700	1000	
Диаметр бурения, мм:			
номинальный.....	394	295	
конечный.....	190	93	
Бурильные трубы, мм.....	73; 89	60,3; 63,5	
Длина бурильной свечи, м.....		12	
Силовой привод:			
бурового блока.....			
компрессорного блока.....			
мощность при частоте вращения 25 с ⁻¹ , кВт.....	ходовой двигатель ЯМЗ-236 (238)	от п/дизеля ЯМЗ-236 (238)	
Мачта (высота), м.....		77 (88)	
Лебедка:			
тип.....	вертикальная 19,7	накл.	
диаметр каната, мм.....	2-х бараб.	1-но бараб.	2-х бараб.
максимальное натяжение, кН.....	18	18	18
скорость подъема талевого блока, м/с.....	50	50	50
Ротор:	0,2...1,39	0,2...1	
диаметр проходного отверстия, мм.....	410	410	
крутящий момент, Н·м.....	7850	980	
частота вращения, с ⁻¹ (об/мин).....	1,08(65)...4,08(245)	0,25(15)...4(2)	
Вертлюг:			
Грузоподъемность, кН.....	200	200	
диаметр проходного отверстия, мм.....	60	150	
Генератор:			
мощность, кВт.....	30	30	
напряжение, В.....	400	400	
Механизм подачи гидравлический:			
усилие вниз, кН.....	35	груз до 5	
усилие вверх, кН.....	50		
ход подачи, мм.....	600		
Насос поршневой.....	НБ-50	НБ-50	
наибольшая подача, л/с (м ³ /ч).....	11 (40)	11 (40)	
наибольшее давление, МПа.....	6,3	6,3	
Компрессор винтовой для откачки воды, тип.....	ПК15Б	ПКЭ15	
расход воздуха, м ³	10	10	
давление, МПа.....	0,7	0,7	
Насосный блок НП15А.....			
подача макс., л/с (м ³ /ч).....	-	насос НБ125	
давление на выходе макс., МПа.....	-	18 (64)	
Габариты в транспортном положении, мм.....	11130×2650×3750	9900×2500×3700	
Масса комплекта поставки, кг.....	28790 (31900)	27388	34290

В комплект бурового агрегата входят:

- а) буровой блок (мачта, привод от двигателя автомобиля через коробку отбора мощности, коробка передач агрегата на лебедку, ротор и буровой насос).
- б) генератор, компрессор пневмосистемы, гидрораскрепитель резьбы бурильных труб, пульт управления – все эти узлы смонтированы на раме автомобиля;
- в) компрессорно-силовой блок ПК-15Б на прицепе МА3-8925;
- г) инструментальный блок БА15-71 грузоподъемн.90кН (кроме 1БА15к.01);
- д) вспомогательный блок БА15-271 грузоподъемн.70кН (для 1БА15к.01);
- е) прицеп МА3-8925 для бурильных труб;
- е) буровой инструмент.

2.7. БУРОВАЯ УСТАНОВКА УБВ - 600

Буровая установка УБВ-600 предназначена для бурения скважин на воду. Составит из следующих блоков: бурового, насосного, роторного (рабочей площадки) мостков с выдвижными стеллажами для труб. Установка предназначена для бурения скважин шарошечными долотами с промывкой.

Особенности буровой установки - большая приводная и гидравлическая мощность, возможность раздельного и одновременного отбора мощности с двух двигателей, механизация трудоёмких процессов при вспомогательных операциях, компактность основных блоков и их компактность, позволяющие располагать оборудование на небольших площадках, использование ударного инструмента.

Буровой блок, рис.12, представляет собой агрегат А-50У. Все оборудование бурового блока смонтировано на общей раме, закреплённой на лонжеронах автомобиля КраЗ-257. В блок входят: коробка отбора мощности; конический редуктор; трансмиссия, передающая вращение на лебедку от раздаточного редуктора; два гидравлических цилиндра (гидродомкрата) двухстороннего действия для подъёма и опускания мачты; гидравлический насос 11М № 20, встроенный в раздаточный редуктор (предназначен для привода домкратов); лебедка двухбарабанная с цепным приводом от трансмиссии; мачта телескопическая; гидравлическая система и узлы управления механизмами бурового блока.

В комплектацию агрегата дополнительно включены: вспомогательная лебедка с элеватором и гидравлический раскрепитель резьбовых соединений буровых труб.

Насосный блок включает два буровых насоса 9МГр-61, компрессор КТ-7, электрический генератор ЕС83-6С, редуктор, спаривающий трансмиссии насосного и бурового блоков, раздаточный редуктор, коробку отбора мощности, пульт управления насосным блоком и другое оборудование. Все агрегаты насосного блока смонтированы на автомобиле КраЗ-257.

Роторный блок включает буровой ротор Р-410, подсвечник, приспособление для забуривания зумпфа и другое оборудование. В состав блока также входит устройство для свинчивания и развинчивания долота (под ротором).

Мостки - представляют собой две фермы из профильного проката. Они оборудованы направляющим желобом для трубной тележки и выдвижными стеллажами для бурильных и обсадных труб.

Техническая характеристика буровой установки УБВ-600

Грузоподъемность при оснастке 3х4, кН	500
Глубина бурения, м	600
Диаметр скважины, мм	
начальный	490
конечный	214
Диаметр бурильных труб, мм	114
Вращатель	Ротор Р-410
Проходное отверстие вращателя, мм	410
Статическая нагрузка на стол ротора, кН	750
Частота вращения, об/мин	
рабочая	105; 183
вспомогательная	30; 54; 235
Передаваемая мощность, кВт	96,7
Мачта	телескопическая, наклонная
Высота мачты до оси кронблока, м	22,4
Вместимость магазина для труб диаметром 114 мм, шт	50
Скорость подъема талевого блока, м/с	0,18; 0,32; 0,70; 1,2
Буровой насос	9МГр-61
Подача промывки насосом, л/с	3,6-17
Число насосов	2
Компрессор	КТ-7
расход воздуха, м³/мин	5,3
давление, МПа	0,85
Лебедка со свободным сбросом:	
высота подъема инструмента, м	9,0
число ударов, мин⁻¹	30
Генератор	сигнр. ЕСС-83-6
Мощность генератора, кВт	30
Проходное отверстие стола, мм	169
Установочная мощность главного привода, л. с.	420
Лебедка	2-х барабанная, 2-х скоростная с пневмоприводом
Габариты в транспортном положении, мм:	
бурового блока	12460х2650х4160
насосного блока	10000х3003250
Габариты в рабочем положении, мм	600х8560х22400
Масса, т:	
бурового блока	22,7
насосного блока	20,9
комплекта	55,0

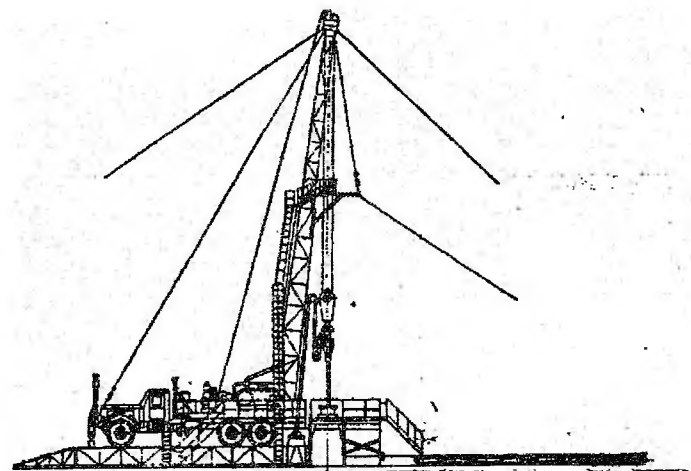


Рис. 12. Буровая установка УБВ-600.

3. БУРОВЫЕ ПРОМЫВОЧНЫЕ НАСОСЫ

При бурении скважин на воду чаще применяют поршневые буровые насосы 11ГрИ, НБ-32 и НБ-125 (9МГр). Их применение вызвано большими диаметрами скважин и использованием для бурения шарошечных долот, требующих значительных подач промывки. Техническая характеристика насосов приведена в табл.4.

Таблица 4. Техническая характеристика насосов

Параметры	11ГрИ	НБ-32	НБ-125 (9МГр)
Подача промывки, л/мин	225; 300	294; 384; 486; 594	220 – 1000 (10 ступ.)
Давление, МПа	6,3; 5,0	4,0; 4,0; 3,2; 2,6	16,0; 3,5
Диаметр сменных втулок, мм	80; 90	80; 90; 100; 110	80; 90; 100; 115; 127
Длина хода поршня, мм	150	160	250
Число двойных ходов, мин⁻¹	100	105	50; 90
Диаметр штока, поршня, мм	32	40	45
Мощность электродвигателя, кВт	37	30	100
Габариты, мм	1980х990х1270	1860х740х1455	2630х1040х1630
Масса, кг	1150	1040	2750

Насосный агрегат 11ГрИ предназначен для перекачивания воды и глинистого раствора плотностью 1400 кг/м³ и вязкостью до 60 с по СПВ-5, а также цементных растворов и тампонажных смесей геологоразведочных и гидрогеологических скважин.

Подача насоса устанавливается путем смены цилиндрических втулок двух диаметров и с помощью трехходового крана. На гидроблоке насоса установлен воздушный колпак, предназначенный для смягчения гидравлических ударов при пуске и остановке насоса, а также для выравнивания потока жидкости.

В приводном блоке насоса приводной и эксцентриковый валы соединены шестерен и вращаются в конических роликоподшипниках. Большие шатуны неразъемные, они опираются на роликоподшипники, монтируемые на эксцентриках вала. На конце приводного вала на шарикоподшипниках установлен шкив под клиновую передачу из пяти ремней. Фрикционная муфта соединения, размещенная в шкиве, представляет собой двухдисковую муфту разъемного типа.

Насосный агрегат НБ-32 предназначен для подачи промысловых жидкостей в скважину при геологоразведочном, гидрогеологическом и структурном бурении на нефть и газ. Насос горизонтальный, двухпоршневой, с обратным действием. Подача изменяется путем смены цилиндрических втулок диаметром 80, 90, 100 и 110 мм. Заменяет насос 11ГРИ.

На гидроблоке насоса установлен специальный компенсатор для выравнивания давления на входе насоса. В насосе, смонтированном на раме, предусмотрены сменные накладки под крейцкопфы для защиты станины от износа, а также резьбовое соединение штока поршня со штоком ползуна.

Насосный агрегат НБ-125 (9МГр) предназначен для перекачивания воды и глинистого раствора плотностью 1400 кг/м^3 и вязкостью до 60 с по СПВ-5, а также цементных растворов и тампонажных смесей при бурении скважин большого диаметра. Насос имеет приводные шкивы различных диаметров для двух частот вращения приводного вала. В комплекте насоса имеются сменные цилиндрические втулки пяти диаметров. В результате их применения можно получить десяти ступеней регулирования подачи раствора. Шейки приводного и коленчатого валов насоса закрепляются в роликоподшипниках, затянутых крышками и регулировочными прокладками. В малых головках шатунов установлены игольчатые подшипники, а в больших - роликоподшипники. Все узлы и подшипники смазываются маслом, забрасываемым большой шестерней в специальную желобную маслянку, откуда оно по трубопроводам подводится к подшипникам.

Насос поршневой буровой НБ-50 применяется при бурении скважин большого диаметра на воду с подачей промывки, в т.ч. глинистого раствора до 11 л/с ($40 \text{ м}^3/\text{ч}$) и давлением 6,3 МПа. Насосом комплектуются буровые установки модификации 1БА15.

4. ТРУБЫ БУРИЛЬНЫЕ, КОЛОНКОВЫЕ И ОБСАДНЫЕ

Трубы бурильные (штанги), свинчатые в бурильную колонну, передают момент вращения породоразрушающему инструменту, осевую нагрузку, промывочную жидкость для очистки забоя и обеспечивают выполнение спуско-подъемных операций с буровым снарядом. Бурильные трубы являются ответственным технологическим инструментом и в работе испытывают повышенные механические напряжения, что вызывает необходимость придавать им повышенные прочностные свойства.

Технические параметры бурильных труб и их значения регламентированы ГОСТами: «Трубы бурильные геологоразведочные и муфты к ним» - ГОСТ 7909-87; «Трубы стальные ниппельного соединения» - ГОСТ 8467-83. «Трубы

бурильные универсальные (ТБСУ) - ГОСТ Р 51245-99. Трубы изготавливают из нормализованной стали марки 36Г2С с поверхностной закалкой, имеют высокую частоту и применяют с ниппельными, муфтовыми, замковыми или приварными резьбовыми соединениями из стали марки 40ХН.

Указанные ГОСТы распространяются на бурильные трубы, предназначенные для всех видов, способов и условий геологоразведочного бурения на твердые полезные ископаемые и воду, при поисках и разведке, инженерно-геологических изысканиях, сейсморазведке, строительстве и др. виды буровых работ. Для изготовления бурильных труб используют марки стали с улучшенными свойствами, удовлетворяющие различные геолого-технические условия применения. В табл. 5 приведены технические данные бурильных труб, применяемых в практике при бурении скважин на воду.

Утяжеленные бурильные трубы предназначены для концентрации осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент в нижней части бурильной колонны. Изготавливают с замковыми или приварными резьбовыми соединениями.

Таблица 5. Технические данные бурильных труб и соединений (размеры в мм)

Типоразмер бур- рильных труб	Труба		Замок		Резьба замка	Масса 1 м трубы с со- единениями, кг
	Наруж- ный диа- метр	Толщина стенки	Наружный диаметр	Внутрен- ний диа- метр		
1. Трубы стальные универсальные						
ТБСУ-43	43,0	4,5	43,5	16	3-34	4,88
ТБСУ-55	55,0	4,5	53,5	22	3-45	7,12
ТБСУ-63,5	63,5	4,5	64,0	28	3-53	8,24
ТБСУ-70	70,0	4,5	70,5	32	3-57	8,82
ТБСУ-85	85,0	4,5	85,5	40	3-67	12,7
2. Трубы утяжелённые						
ТБУ-57	57,0	12,0	57,5	22	3-45	14
ТБУ-73	73,0	19,0	73,5	22	3-57	22
ТБУ-89	89,0	22,0	89,5	28	3-67	31,5
ТБУ-108	108,0	26,0	108,5	28	3-86	54
3. Трубы, используемые в практике (стар. стандарт)						
СБТ-42	42	5	57	22	3-42	4,6
СБТ-50	50	5,5	65	22	3-50	6,05
СБТ-60,3	60,3	5,1	80(М)	50	М-60,3	7,0
СБТ-63,5	63,5	6,0	83	28	3-63,5	8,51

Бурильные трубы с приварными замковыми резьбовыми соединениями рекомендуется применять, в первую очередь, при бурении станками с подвижным вращателем.

При бурении шпиндельными станками применяются бурильные трубы с отдельными резьбовыми соединениями. В практике бурения скважин на воду используются муфтово-замковые, ниппельно-замковые, ниппельные и муфтовые соединения (ГОСТ 7918-75).

Колонковые трубы предназначены для стабилизации на-
 ния и вращения бурового снаряда в процессе бурения, а также для пр-
 отбора выбуренного керна. Технические данные колонковых труб долж-
 ны соответствовать ГОСТ 6238-77. Материал для изготовления колонковых
 сталь марки 45 и 36Г2С.

Обсадные трубы применяют для закрепления стенок скваж-
 рекрытия зон поглощения промывочной жидкости, разобщения во-
 пластов и устройства эксплуатационных колонн. Типоразмеры геологич-
 дочных обсадных и колонковых труб в соответствии с ГОСТ 6238-77
 точны. ГОСТ предусматривает изготовление обсадных труб безнипель-
 соединения до диаметра 89мм, включительно, и nippleного соедине-
 диаметра 146мм, включая все типоразмеры. Технические данные геолог-
 ведочных обсадных труб приведены в табл. 6.

Таблица 6. Трубы геологоразведочные колонковые и обсадные (размеры в мм)

Диаметр трубы, $D_{тр}$	Толщи- на стен- ки, s	Диаметр ниппеля внутр. $d_{нп}$	Резьба трапецеидальная			Масса, кг	
			D_p	l_n	l_b	труба, 1 м	ниппель, шт
57	4	46,5	52,0	32	36	5,23	0,8
73	4,5	62,0	68,0	32	36	5,83	0,8
	4					6,81	1,0
89	5	78,0	84,0	32	36	8,38	1,0
	4,5					9,38	1,3
108	5	95,5	103,0	52	54	10,36	1,3
	4,5					11,49	2,4
127	5	114,5	122,0	52	54	12,70	2,4
146	5	134,0	141,0	52	54	15,04	2,6
						17,39	2,8

При бурении скважин на воду широко используются обсадные трубы на-
 тяного сортамента (ГОСТ 632-80), табл. 7. Соединение труб предусмотре-
 выполнять муфтами. Однако, применение муфтового соединения утяжеля-
 конструкцию скважин при бурении на воду.

С целью оптимизации конструкции скважины в практике бурения неглубо-
 ких и средней глубины скважин используется безмуфтовое соединение обса-
 ных труб «труба в трубу» с нарезкой внутренней и наружной резьб для их с-
 единения. Для удобства труборезных работ внутреннюю резьбу нарезают в
 патрубке, который затем приваривается к основной трубе электросваркой
 (электрод ОМ-5, ток 300...400 А, напряжение 40...50 В).

Практикуется также безрезьбовое соединение обсадных труб большо-
 диаметра с помощью сварки, выполняемой непосредственно на устье скваж-
 ны. При необходимости извлечения из скважины обсадной колонны свар-
 конструкции, трубы отрезаются частями по мере подъема их из скважины.

Таблица 7. Основные типоразмеры обсадных труб

Труба				Муфта		
Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Внутренний диаметр, мм	Масса 1 м, кг	Наружный диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг
114,3	6,4	101,5	16,9	127,0	158	3,7
	7,4	99,5	19,4			
	8,6	97,1	22,3			
127,0	6,4	114,0	19,1	141,3	165	4,6
	7,5	112,0	22,1			
	9,2	108,6	26,1			
139,7	7,0	125,7	22,9	153,7	171	5,2
	7,7	124,3	25,1			
	9,2	121,3	29,5			
146,0	10,5	118,7	33,6	166,0	177	8,0
	7,0	132,1	24,0			
	7,7	130,7	26,2			
168,3	8,5	129,1	28,8	187,7	181	9,1
	9,5	127,1	32,0			
	10,7	124,7	35,7			
219,1	7,3	153,7	29,0	244,5	196	16,2
	8,9	150,5	35,1			
	10,6	147,1	41,2			
244,5	12,1	144,1	46,2	269,9	196	17,9
	6,7	205,7	35,1			
	8,9	201,3	46,3			
273,1	10,2	198,7	52,3	298,5	203	20,7
	11,4	196,3	58,5			
	12,7	193,7	64,6			
298,5	14,2	190,7	71,5	323,9	203	22,5
	8,9	226,7	51,9			
	10,0	224,2	58,0			
323,9	11,1	222,3	63,6	351,0	203	23,4
	12,0	220,5	68,7			
	13,8	216,9	78,7			
351	8,9	255,3	57,9	367,0	229	29,0
	10,2	252,7	65,9			
	11,4	250,3	73,7			
377	12,6	247,9	80,8	402,0	229	31,0
	13,8	245,5	88,5			
	8,5	281,5	60,5			
426	9,5	279,5	67,9	451,0	229	37,5
	11,1	276,3	78,3			
	12,4	273,7	87,6			
451,0	14,8	268,9	103,5	480,0	229	40,0
	9,5	304,9	73,6			
	11,0	301,9	84,6			
480,0	12,4	299,1	95,2	508,0	229	43,0
	14,0	293,9	106,9			
	9,0	333,0	75,9			
508,0	10,0	331,0	81,1	536,0	229	46,0
	11,0	329,0	92,2			
	12,0	327,0	100,3			
536,0	9,0	359,0	81,7	564,0	229	49,0
	10,0	357,0	90,5			
	11,0	355,0	99,3			
564,0	12,0	353,0	108,0	592,0	229	52,0
	10,0	406,0	102,7			
	11,0	404,0	112,6			
592,0	12,0	402,0	122,5	620,0	229	55,0
	12,0	402,0	122,5			

5. БУРОВОЙ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

5.1. ТВЁРДОСПЛАВНЫЕ КОРОНКИ

Залегание подземных вод, как правило, приурочено к мягким и среднетвёрдым горным породам. Исходя из геолого-технических условий бурения, наибольшее распространение при бурении скважин на воду получил твёрдый породоразрушающий инструмент. В первую очередь – это буровые коронки. Коронки применяются при бурении с отбором керна, то есть при поисковых, картировочных и разведочных гидрогеологических скважинах. Буровые твёрдосплавные коронки по классификации СКБ «Геотехника» разделяются на три группы: I- для бурения мягких горных пород, II- для бурения малоабразивных пород средней твёрдости и III- для бурения абразивных пород. С учётом геолого-технических условий бурения скважин на воду более часто применяются коронки первых двух групп. Технические условия коронки для бурения горных пород средней твёрдости регламентированы ГОСТ 11108-70. Присоединительная резьба коронок – по ГОСТ-6238-77.

Типоразмеры коронок и рекомендуемые области их применения приведены в табл. 8.

Таблица 8. Рекомендации по применению коронок при бурении скважин на воду

Типоразмер коронки	Диаметр наружный/внутренний, мм	Рекомендуемая область применения	
		Группы горных пород	Категории горных пород по буримости. Типичные горные породы
M6-93 M6-112 M6-132 M6-151	93/54 112/73 132/93 151/112	Мягкие неустойчивые породы с прослоями твёрдых пород	I—IV с прослоями V—VI. Глины, слабосцементированные песчаники, гипсы, ангидриды, глинистые сланцы с прослоями, валунно-галечных отложений V—VI, частично VII.
CM4-76 CM4-93 CM4-112 CM4-132 CM4-151	76/58 93/74 112/93 132/113 151/132	Малоабразивные, монолитные, слаботрещиноватые	Алевриты, аргиллиты, глинистые и песчаные сланцы, известняки, слабые песчаники
CM5-76 CM5-93 CM5-112 CM5-132	76/58 93/75 112/94 132/114	То же	V—VI. Доломиты, известняки, глинистые и песчаные сланцы, серпентиниты
CM6-76 CM6-93 CM6-112 CM6-132 CM6-151	76/58 93/75 112/94 132/114 151/132	Малоабразивные монолитные и трещиноватые	V—VI. Доломиты, известняки, серпентиниты, перидотиты

Ребристые коронки типа М предназначены для бурения мягких горных пород, набухающих, а также с пропластками более твёрдых пород до IV категории, в том числе гравийно-галечных до VI категории по буримости. Коронки достигают высоких механических скоростей с образованием большого количества крупного шлама. В коронках на короночном кольце крепят (приваривают) на наружной поверхности или в пазах торца) металлические ребра, которые обеспечивают большие зазоры между стенками скважины и колонковой трубой. Коронки армируют пластинами твёрдого сплава площадью сечения до 50-100 мм² при толщине до 10 мм, укрепленными на ребрах, а также непосредственно на корпусе коронок. Отдельные типы коронок имеют ступенчатый торец.

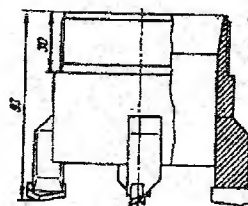
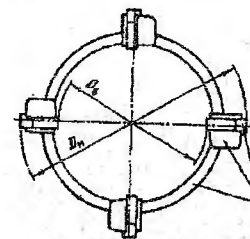


Рис.13. Твёрдосплавная коронка М6
1 - корпус; 2 - ребра; 3 - твёрдосплавные пластины

В группе ребристых коронок типа М разработано несколько вариантов. Наибольшее распространение получили коронки М6, так как они чаще всего применяются при забурировании скважин.

Коронки М5 и М6 (рис.13) имеют ребра, приваренные в пазах, которые фрезеруют породу в торце короночного кольца. Число ребер зависит от диаметра коронки.

В прямоугольных пазах ребер запаивают по четыре пустотелых восьмигранных резца (коронки М5) или пластину размером 5х19,5 мм (коронки М6) со специальным установочным выступом. Резец имеет асимметричную клиновидную форму и удлиненную калибрующую грань, перекрывающую всю ширину ребра. Коронки имеют повышенный ресурс работы.

Коронки типа СМ предназначены для бурения малоабразивных, монолитных и перемежающихся горных пород средней твёрдости; так как эти коронки предназначены для разбуривания широкого диапазона пород с различными механическими свойствами, они оснащаются резцами различной формы, значительно отличающимися по схеме размещения на торце короночного кольца, углом поворота, выступом от торца и др.

Группа серийных резцовых коронок в отличие от ребристых имеет гладкий корпус и армируется резцами, имеющими в сечении форму квадрата (ранее коронки этого типа армировали резцами в форме восьмигранников или прямоугольных призм).

В настоящее время большими сериями выпускаются коронки СМ4, СМ5 и СМ6, как наиболее универсальные.

Коронка СМ4, рис.14а, армирована резцами из сплава ВК6 формы 5107. Торец коронки полностью перекрывается группой из трех резцов, рас-

положенных в отдельных зубках по наружному и внутреннему диаметру в центре короночного кольца. Выступ резцов относительно торца различен, вызывает образование в процессе бурения ступенчатого забоя. Центральные резцы выступают относительно торца на 4 мм, внутренние подрезные - на 2,5 мм.

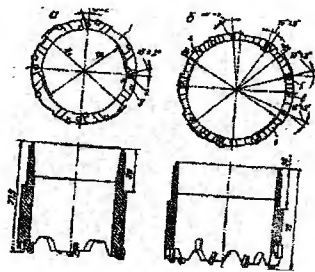


Рис.14,15. Коронки SM4(а) и SM6(6)

1 - корпус; 2 - центральный резец; 3 - наружный резец; 4 - дополнительный резец; 5 - основной резец; 6 - подрезной резец.

Резцы в коронках установлены под углом 15°, подрезные - под углом 10°. Резцы имеют отрицательный передний угол (соответствующий 15°) и расположены группами, обеспечивая полное перекрытие забоя. Резцы в каждой группе устанавливаются на разной высоте относительно торца коронки. В процессе бурения на забое образуются уступы с дополнительной обнаженной поверхностью, что облегчает процесс резания.

Коронка SM9 представляет дальнейшее развитие технических достижений коронки группы SM-СТ, в ней объединены лучшие конструктивные особенности коронки SM4, SM5 и SM6. Коронки SM9 предназначены для вращательно-ударного колонкового бурения однородных и перемежающихся по твердости малоабразивных монолитных и трещиноватых пород V-VII, частично VIII, категорий по буримости.

Учитывая многообразие геолого-технических условий, в которых возможно применение коронки SM9, предусмотрено их изготовление в нескольких модификациях, табл. 9. Конструктивные особенности коронки позволяют вести бурение с использованием промывочных жидкостей, в т.ч. глинистых растворов, с продувкой воздухом или призабойной циркуляцией, а также с применением гидроударных машин.

Базовая модель предназначена для бурения преимущественно однородных монолитных пород V-VI категорий, а усиленная (с большим числом резцов) - для более твердых перемежающихся пород; модификация с расположением резцов под отрицательным углом к забою - для бурения трещиноватых пород. Разнообразие указанных групп горных пород.

Ресурс коронки SM9 в 2 раза превосходит ресурс заменяемых коронки.

Таблица 9. Техническая характеристика коронки SM9 (по данным д.т.н. А.Т. Киселёва)

Типоразмер коронки	Диаметр, мм Наружный, D/ внутренний, d	Число резцов		Масса, кг, не более
		базовая модель	усиленная модель	
SM9-46	46/31	3	4	0,30
SM9-59	59/44	4	5	0,42
SM9-76	76/59	5	6	0,61
SM9-93	93/75	6	8	0,83
SM9-112	112/94	8	10	1,03
SM9-132	132/114	10	12	1,23
SM9-151	151/133	10	12	1,42
SM9-171	171/146	18	—	4,00
SM9-197	197/172	18	—	4,20
SM9-222	222/200	24	—	4,50
SM9-248	248/222	30	—	5,00
SM9-276	276/252	30	—	5,30
SM9-327	327/302	30	—	6,00

Универсальная буровая коронка типа «КРАБ» (Коронка Резцово-автоматической конструкции Бродова Г.С.), рис. 16. Разработана на кафедре бурения Санкт-Петербургского горного института. Назначение коронки - колонковое бурение средне-твердых и твердых горных пород с термомеханическим эффектом ослабления прочности разрушаемого слоя; бурение мягких горных пород резцовым механизмом, бурение моренных валунно-галечных отложений одним рейсом без замены инструмента по слабым несвязным горным породам с твердыми включениями (валунам). Практически, коронка предназначена для бурения любых горных пород.

Отличительной особенностью коронки является принципиально новый способ разрушения горной породы с использованием термомеханического эффекта для предварительного её разупрочнения с последующим срезанием разупрочнённого слоя.

Технологически конструкция коронки - двухрежимная. Разрушение мягких и несвязных горных пород осуществляется резцовыми элементами коронки, выступающими автоматически под действием автономной нагрузки, встроенным в коронку упругим элементом. Бурение средней твердости и твердых горных пород осуществляется последовательно сначала прогревом пограничного слоя забоя термофрикционным элементом коронки за счёт теплоты трения, а затем его срезанием. Взаимодействие двух элементов коронки позволяет

кратно увеличить механическую скорость бурения средне-твёрдых горных пород безалмазным способом.

Успешно используется коронка «КРАБ» при бурении горных пород ремежающей твёрдостью и в моренных отложениях. Из процесса бурения исключается необходимость смены породоразрушающего инструмента при переходе из мягких пород в твёрдые. Изменяется только режим бурения с учётом включения в работу термофрикционного элемента для генерирования теплового потока трения, после чего автоматически устанавливается термический режим бурения. По мере износа коронку можно перезапустить, продлевая ресурс её работы.

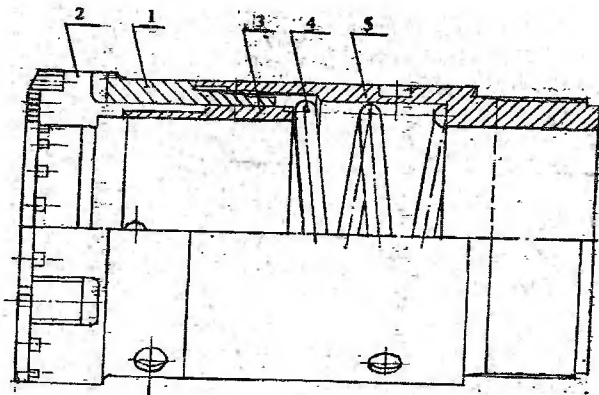


Рис. 16. Коронка «КРАБ»

1 - корпус (с термофрикционным элементом); 2 - резцовый сменный элемент; 3 - кольцо нажимное; 4 - пружина; 5 - удлинитель.

Область применения коронок «КРАБ» - бурение геологоразведочных, гидрогеологических, технических и эксплуатационных скважин; выбуривание верстий в железобетонных конструкциях.

Техническая характеристика:

- диаметры бурения, мм.....	59,76,93,112
- осевое давление на коронку (удельное), даН/см ²	100-120
- давление на резцы (автономно), даН.....	100-300
- частота вращения коронки, мин ⁻¹	300-450
- режим промывки, л/мин.....	8-12
- потребляемая мощность (удельная), Вт/см ²	300-400
- ресурс - возобновляемый, заменой сменного резцового элемента	
- механическая скорость (экспериментальная) по категориям буримости горных пород, м/час:	
У; У1	5-8
У11; У111.....	3-6
1Х; Х	1,8-2,4

5.2. ДОЛОТА ШАРОШЕЧНЫЕ БУРОВЫЕ

Долота шарошечные для бурения сплошным забоем без отбора керна изготавливают следующих типов: М, МЗ, МС, МСЗ, С, СЗ, СТ, Т, ТЗ, ТКЗ, К, ОК (ГОСТ 20692-75, ТУ-26-02-874-80).

Долота различают по твёрдости породоразрушающего вооружения шарошек: М, С, Т, К; расположению и конструкции промывочных или продувочных каналов: Ц - центральная промывка, Г - гидромониторная промывка, П - центральная продувка, ПП - боковая продувка.

Тип опоры шарошек отличают по индексам: В - на подшипниках качения, Н - на одном подшипнике скольжения (остальные подшипники с телами качения), А - на двух и более подшипниках скольжения, У - маслonaполненные опоры с автоматической подачей смазки.

I, II, III - число шарошек долота.

Номенклатура изготавливаемых шарошечных долот

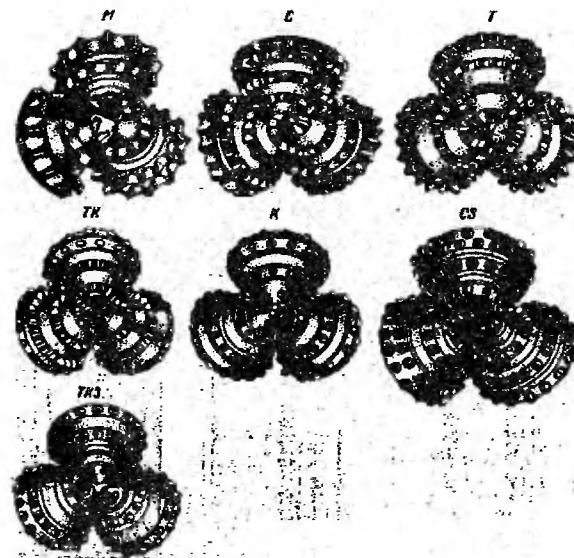


Рис.17. Долота шарошечные

Важнейшими конструктивными элементами, определяющими эффективность работы долота, являются форма и расположение шарошек, их вооружение, опоры и промывочная система долота. В зависимости от твердости и абразивности пород, для бурения которых предназначаются долота, эти элементы выполняются по-разному, обуславливая широкое разнообразие типов долот. В долотах типов М и МС для бурения мягких нецементированных и слабо сце-

ментированных пород, а также мягких пород с пропластками пород средней твердости применяются двух- и трехконусные самоочищающиеся шарошки с смещенными осями, с наиболее редко расположенными зубьями, с малыми углами заострения.

Долота типа МЗ и МСЗ. Для бурения в мягких, но абразивных породах отличаются от долот предыдущих типов тем, что их шарошки вместо литых оснащаются запрессованными твердосплавными зубцами с клиновидной рабочей частью.

Долота типа С для разбуривания средних по твердости малоабразивных пород по форме и расположению шарошек аналогичны долотам типов МС, но отличаются от них меньшей высотой и более частым расположением зубьев с несколько увеличенными углами заострения. В долотах типа СЗ для бурения в абразивных породах средней твердости вместо фрезерованных зубьев шарошки запрессованы твердосплавные зубки с клиновидной рабочей частью.

Долота типов СТ, Т, ТЗ, ТК, ТКЗ, К и ОК относятся к долотам дробящего действия. Их общей особенностью является отсутствие смещения осей шарошек, чтобы избежать вредного в данном случае скольжения зубьев.

Долота типа СТ, которые применяют в породах средней твердости и абразивности с пропластками твердых пород; имеют двух- и трехконусные самоочищающиеся шарошки с более мелкими зубьями, углы заострения которых увеличены по сравнению с долотами типа С.

Долота типа Т для разбуривания твердых малоабразивных пород имеют аналогичные по форме шарошки, которые оснащаются еще более мелкими, менее заостренными зубьями. Долота типа ТК для проходки твердых пород средней абразивности с пропластками крепких абразивных пород отличаются наличием на периферийных венцах шарошек вставных: твердосплавных зубков с полусферической рабочей поверхностью вместо обычных фрезерованных зубьев или чередованием, обычных зубьев с твердосплавными зубками по венцам и в самом венце.

Долота типов К и ОК для проходки крепких и очень крепких абразивных (хрупких) пород оснащаются одноконусными самоочищающимися шарошками с твердосплавными зубками с полусферической рабочей поверхностью.

Долота типов ТЗ и ТКЗ, применяющиеся при бурении в абразивных горных породах, аналогичны по конструкции долотам типов Т и К, но отличаются от них вооружением шарошек, в которых запрессованы твердосплавные зубки клиновидной рабочей частью вместо фрезерованных зубьев.

Ресурс эффективной работы шарошечного долота на забое зависит от жесткости опор, которые воспринимают значительные нагрузки от буровых колонн и передают их через цапфы на породоразрушающие элементы долота. Важнейшими узлами опор являются подшипники, различные конструкции которых дают большое разнообразие вариантов схем опор.

Типоразмеры шарошечных долот, которые могут быть использованы для бурения скважин на воду, выпускаемых заводами-производителями: ОАО «Волгабурмаш», ОАО «Уралбурмаш», ОАО «Дрогобычский долотный завод», ОАО «Сарапульский машзавод», ОАО «Гидросервис» (Екатеринбург) и др. указаны в табл. 10.

Таблица 10. Долота шарошечные

Типоразмер	Резьба	Масса, кг	Допустимая нагрузка, даН
Одношарошечные			
139,7 СЗ-Н	3-88	17	180
161,0 СЗ-Н	3-88	21	250
Двухшарошечные			
93 С-ЦВ	3-50	3,5	40
112 М-ГВ	3-63,5	6,0	50
132 М-ГВ	3-63,5	8,0	65
Трёхшарошечные			
76 К-ЦВ	3-50	4	50
93 Т-ЦВ	3-50	4,5	55
К-ЦВ	3-50	4,5	55
97 С-ЦВ	3-66	5	80
Т-ЦВ	3-66	5	80
98,4 С-ЦА	3-66	5	80
Т-ЦА	3-66	5	80
ОК-ЦА	3-66	5,5	100
112 Т-ЦВ	3-63,5	7	60
К-ЦВ	3-63,5	7	60
118 С-ЦВ	3-76	7,5	130
120,6 С-ЦА	3-76	7,5	140
СТ-ЦА	3-76	7,5	140
Т-ЦА	3-76	7,5	140
132 С-ЦВ	3-63,5	9	65
Т-ЦВ	3-63,5	8	65
К-ЦВ	3-63,5	8,5	65
139,7 С-ЦВ	3-88	12	100
Т-ЦВ	3-88	12	100
146 Т-ЦВ Н	3-88	12,5	130
ОК-ЦВ В	3-88	12,5	130
ОК-ЦВ Н	3-88	12,5	130
ОК-ПВ Н	3-88	12,5	130
ОК-ПВ В	3-88	12,5	130
151 С-ЦВ В	3-88	13	150
С-ЦВ Н	3-88	13	150
Т-ЦВ В	3-88	13	150
Т-ЦВ Н	3-88	13	150
К-ЦВ	3-88	13	160
161 С-ЦВ	3-88	12	160
Т-ЦВ	3-88	18	160
К-ПВ В	3-88	18	160
190 М-ГВ Н	3-88	12	120
С-ЦВ	3-88	15	160
Т-ЦВ	3-88	15	180
190,5 С-ЦВ	3-88	17	170
С-ГВ	3-88	18	170
Т-ЦВ	3-88	18	180
К-ЦВ	3-88	18	180

	СЗ-ГВ	3-88	18	180
	ТКЗ-ЦВ	3-88	18	180
	ТЗ-ГНУ	3-88	18	180
	ОК-ГНУ	3-88	18	180
214	Т-ЦВ	3-117	27,5	190
215,9	СЗ-ГАУ	3-117	28	200
	ТЗ-ГАУ	3-117	28	200
	ТЗ-ГНУ	3-117	28	200
	СЗ-ГВ	3-117	28	200
	Т-ПВ	3-117	28	220
	К-ПВ	3-117	28	220
244,5	С-ЦВ	3-121	33	250
	Т-ЦВ	3-121	51	320
	Т-ПВ	3-121	52	330
	ОК-ПВ	3-152	52	350
269,9	М-ГВ	3-152	55	300
	С-ГВ	3-152	55	320
	Т-ЦВ	3-152	45	320
	ОК-ПВ	3-152	55	350
295	М-ГВ	3-152	60	330
	С-ГВ	3-152	60	330
	Т-ЦВ	3-152	60	350
295,3	С-ЦВ	3-152	62	350
	С-ГВУ	3-152	74	400
	С-ГВ	3-152	75	400
	СЗ-ГВ	3-152	77	400
320	СТ-ЦВ	3-152	77	400
346	М-ЦВ	3-152	80	400
349,2	М-ЦВ	3-152	84	450
	С-ЦВ	3-152	104	450
	Т-ЦВ	3-152	103	450
393,7	М-ЦВ	3-171	99	450
	С-ЦВ	3-171	167	470
	Т-ЦВ	3-171	176	470
394	М-ЦВ	3-171	123	470
	С-ЦВ	3-171	168	470
444,5	С-ЦВ	3-171	178	480
490	С-ЦВ	3-171	182	485

Продолжение табл. 10

Таблица 11. Технические данные лопастных долот

Ширина долота с армировкой, мм	Длина, мм	Ширина лопатки, мм	Длина направления, мм	Масса, кг	Присоединительная резьба
243	610	205	100	72	3-121
190	610	160	100	52	3-117
140	525	118	100	36	3-88
135	525	112	100	31	3-88
118	525	100	100	28	3-76
132	-	114	100	8,5	122x4
112	-	99	100	6,7	103x4
93	-	84	100	4,4	84x4

Углы резания долот РХ для различных пород приведены в табл. 12 и на рис. 18.

Таблица 12. Углы резания долот РХ для различных пород

Профиль	Угол резания, град.	Применение
A	70	Наиболее мягкие породы.
B	85	Средне твердые породы.



рис. 18. Профили заправки долот РХ для пород различной твердости.

A - для наиболее мягких пород профиль с углом резания 70°;

B - для средне-твердых пород профиль с углом резания 85°.

При работе долотом РХ в горной породе одинаковой твердости снижение механической скорости на 50 % указывает на необходимость замены долота.

5.4. ДОЛОТО УНИВЕРСАЛЬНОЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЕ ТИПА «ДРАКОН»

(по данным д.т.н. Г.С. Бродова).

Долота типа «ДРАКОН» (Долото Резцово-Автономное Концентрично-тупенчатое), рис. 19, со сменными режущими элементами предназначены для бурения скважин сплошным забоем в горных породах широкого диапазона физико-механических свойств. Бурение рыхлых и слабо связ-

5.3. ДОЛОТА РЕЖУЩЕГО ТИПА

Долота РХ и 2-3х перые лопастные применяются для бурения мягких, вязких и рыхлых пород, когда отбор керна не предусмотрен. Изготавливают долота из стали 38А. Долота имеют ленточную цилиндрическую или замковую резьбу под рабочую трубу. Рабочая часть пера (лезвие) и боковые ребра заправляются пластинками твердого сплава или наваркой трех слоев «вокара». Номинальный диаметр долота выдерживают на высоту 150 мм его лопатки, верхняя часть лопаток имеет меньшие размеры для уменьшения трения и предупреждения заклинивания. Сработанные лезвия заправляются и вновь армируются твердым сплавом. Технические данные приведены в табл. 11

ных горных пород осуществляется выдвигающимися лопастными сплавными резцовыми элементами. Бурение твёрдых скальных пород совместно фрикционным и резцовым элементами с тепловым ослаблением прочности разрушаемого слоя. Бурение моренных валунно-галечных пород по рыхлым и связным породам - резцовыми элементами по валунам - с подключением фрикционного элемента и автономной на термомеханический режим.

При бурении твёрдых скальных горных пород их разрушение осуществляется с термомеханическим эффектом. Термоизносостойкий элемент коронки за счёт осевой нагрузки и силы трения генерирует в скважине тепловой поток, ослабляющий прочность пограничного слоя горной породы. Ослабленный слой срезается резцом, механическая нагрузка на который, создаётся автономно, встроенным упругим элементом.

При бурении рыхлых и связных пород разрушение забоя осуществляется выдвинутыми из корпуса долота лопастями резцовых элементов. При этом осевая нагрузка не должна превышать резцовую. Нагрузка на резцовые элементы регулируется автономно встроенным гидравлическим клапаном за счёт гидравлического напора промывочной жидкости. Усиленный гидравлическим клапаном устанавливается с помощью упругого элемента. Резцовые элементы сменные.

Долото «ДРАКОН» может эффективно применяться при бурении гидрогеологических, разведочных и технических, нефтяных и газовых скважин; сверление отверстий в железобетонах; при ликвидации аварий (завалов) и осложнений в скважинах.

Долота «ДРАКОН» отличаются высокой производительностью, высокой энергоёмкостью, универсальностью, широким диапазоном условий использования, конструктивной прочностью, большим ресурсом, автономной работой в зависимости от свойств горных пород.

Техническая характеристика



Рис. 19. Долото «Дракон»

- диаметры долот, мм	59, 76, 93, 112, 132
- осевое давление на долото, даН/см ²	80-120
- давление на резцы (автономно), даН	300-800
- частота вращения коронки, мин ⁻¹	300-450
- режим промывки, л/мин	20-100
- потребляемая мощность (удельная), Вт/см ²	130-300
- ресурс - возобновляемый сменными резцами	
- механическая скорость бурения, м/час, (по кат. буримости пород):	
I - IY	20-30
Y - YI	7-12
YII - YIII	3-6
IX - X	1,5-2,4

6. ФИЛЬТРЫ

Основное назначение фильтра - пропуск воды из водоносного горизонта внутрь скважины и предохранение ее водоприемной части от завалов в результате оплывания и обрушения пород. Фильтры ставятся в рыхлых, главным образом, в песчаных породах. В водоносных горизонтах, сложенных рыхло-обломочными скальными породами, гравием, частично цементированным песком, в качестве фильтра ставят дырчатые трубы, защищающие скважину только от обрушения пород. В устойчивых трещиноватых водоносных породах, а также при каптировании водоносных песков, залегающих под прочной водонепроницаемой кровлей (мощные пласты глин, известняков, песчаников), их не ставят. Каптаж - сооружение, обеспечивающее доступ к подземным водам. Простейшим видом каптажа являются колодец и буровая скважина.

Фильтр обычно состоит из рабочей части (перфорированная труба с сеткой или без нее), отстойника, в котором при откачке оседают частицы песка, и надфильтровой (вспомогательной) части, расположенной выше рабочей. Длина отстойника 2-4 м. При вскрытии мелкозернистых песков необходимо делать более глубокий отстойник длиной до 10 м. Перед спуском фильтровой колонны в нижнюю часть отстойника забивают деревянную пробку (или дно заваривают), чтобы предупредить возможность засасывания песка в скважину при откачке воды.

В соответствии с гидрогеологическими условиями различают следующие виды оборудования водоприемной части скважин: фильтры для гравелистых крупно- и среднезернистых песков; фильтры для мелкозернистых песков; дырчатые фильтры для неустойчивых рыхло-обломочных пород; скважины без фильтров - каптирующие устойчивые трещиноватые породы. Области применения различных типов и конструкций фильтров в соответствии со СНиП-11-31-74 приведена в таблице 16. Номенклатура показателей для скважинных фильтров приведена в ОСТ 41-05-229-83.

Таблица 16. Области применения фильтров по СНиП-11-31-74

Водоносные породы	Типы и конструкции фильтров
Полускальные неустойчивые, щебенистые и галечниковые с преобладающей крупностью частиц щебня и гальки 20-100 мм (более 50% по массе).	Трубчатые фильтры - с круглой и щелевой перфорацией. Стержневые фильтры.
Гравий, гравелистый песок с крупностью частиц от 1 до 10 мм и с преобладающей крупностью частиц 2-5 мм (более 50% по массе).	Трубчатые - с круглой и щелевой перфорацией, с водоприемной поверхностью из проволоочной обмотки или из штампованного стального листа. Стержневые - с обмоткой проволокой из нержавеющей стали или с водоприемной поверхностью из штампованного листа.

Пески крупные с преобладающим размером частиц 1-2 мм (более 50% по массе).	Трубчатые – со шелевой перфорацией, с водопримной поверхностью из проволоочной обмотки, штампованного стального листа или из сетки квадратного плетения. Стержневые – с водопримной поверхностью из проволоочной обмотки, стального штампованного листа или сетки квадратного плетения.
Пески средние, с преобладающей крупностью частиц 0,25-0,5 мм (более 50% по массе).	Трубчатые и стержневые – с водопримной поверхностью из сеток гладкого (галунного) плетения. Трубчатые и стержневые – с однослойной гравийной обсыпкой (гравийные фильтры).
Пески мелкие, с преобладающей крупностью частиц 0,1-0,25 мм (более 50% по массе).	Трубчатые и стержневые – с одно-, двух-, или трехслойной песчаной или песчано-гравийной обсыпкой (гравийные фильтры).

На конструкцию фильтра кроме состава вмещающих пород существенное влияние оказывают содержание в воде закисного железа, карбонатов кальция и агрессивность воды, вызывающие быструю коррозию стальных труб и кольматацию фильтрующей поверхности. Такие неблагоприятные явления, вызывающие быстрый выход из строя фильтров, наблюдаются во многих районах.

Для борьбы с агрессивным воздействием воды фильтры изготавливают из антикоррозионных материалов (пластмассы, дерева) или покрывают поверхность фильтра антикоррозионными покрытиями. Для продления срока службы скважин применяют многослойные обсыпки, обеспечивающие большие расстояния пор на стенках фильтра и, следовательно, медленное их зарастание. Приведено описание некоторых наиболее часто употребляемых фильтров.

На водоносных горизонтах сложенных гравелистыми породами, крупнозернистыми песками наиболее часто ставятся дырчатые, щелевые и сетчатые фильтры с тонкими стенками.

Одним из основных параметров фильтра является его скважность. *Скважность фильтра* – отношение площадей пропускных отверстий к общей поверхности.

6.1. ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ В РАЗЛИЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Фильтры устанавливаются для очистки воды от взвешенных частиц пород и также для достижения определенной постоянной площади фильтрации в неустойчивых породах. Как уже было сказано, при эксплуатации водоносных горизонтов в песках, в зависимости от их крупности, применяются различные фильтры. В водоносных гравийных породах и галечниках используют фильтры, существенно отличающиеся от устанавливаемых в песчаных породах.

Скальные, но иногда неустойчивые водоносные породы (разрушенные известняки, песчаники, мел и подобные породы) могут суживать диаметр скважины. Во избежание этого, в скважине устанавливается фильтр из перфорированных

труб (дырчатых) труб. В устойчивых скальных трещиноватых водоносных породах фильтры устанавливать нет необходимости. Конструкций фильтров очень много, но практически применяются лишь некоторые их типы.

Наибольшее распространение имеет фильтр, состоящий из трубчатого перфорированного (дырчатого) каркаса, обмотанного проволокой, и сетки, покрывающей каркас. Фильтры этого типа устанавливают в мелкозернистых разнородных песках с размером частиц от 0,05 до 0,25 мм (латунная или медная сетка галунного плетения № 14/100 и 16/100) и в среднезернистых однородных песках с размером частиц от 0,25 до 1 мм (сетка галунного плетения № 7/70 и 10/90).

Для крупнозернистых песков (размер частиц от 1 до 2-2,5 мм) и мелкого гравия (размер зерна от 2,5 до 5 мм) применяются щелевые фильтры с отверстиями трапецеидального сечения (щели длиной от 20 до 50 мм и шириной от 1,5 до 3 мм). В этих породах можно устанавливать также проволоочные фильтры, у которых по каркасу намотана проволока диаметром 2...3 мм с расстоянием между витками 1...2 мм.

Для пород, содержащих большое количество гравия и гальки и не более 10-15% песка, применяются фильтры из перфорированных труб с диаметром отверстий от 5 до 20 мм.

Если каркас фильтра имеет отверстия диаметром от 12 до 20 мм, а порода содержит гравий и гальку диаметром от 5 мм и более, то перфорированные трубы обматываются проволокой с расстоянием между витками соответственно от 5 до 12 мм.

В последнее время начали применять также фильтры, в которых между каркасом и наружной дырчатой оболочкой или сеткой засыпан гравий диаметром 2...5 мм. Такие фильтры при слое засыпанного гравия толщиной в 25...50 мм действуют довольно хорошо даже в мелкозернистых песках. Образование обводочного фильтрующего слоя вне фильтра происходит в течение непродолжительного времени.

6.2. КАРКАС ФИЛЬТРА И ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЕ

Для скважин небольшой глубины каркасом для фильтра могут служить обсадные трубы (буровые и газовые). Выбор длины и диаметра каркаса фильтра зависит от мощности водоносной породы и диаметра последней рабочей колонны скважины. Рабочая часть фильтра должна быть удалена от кровли и подошвы пласта на 0,5...1,0 м. Средняя длина фильтрующей части каркаса составляет около 3...5 м и может наращиваться частями.

Изготавливается каркас следующим образом. На соответствующей трубе с резьбой на обоих концах и муфтой на одном из них делается разметка для сверления дыр (в шахматном порядке). Расстояние между центрами отверстий зависит от диаметра отверстия. Общая площадь отверстий должна составлять не менее 15% всей поверхности фильтрующей части трубы.

Если длина трубы достаточна для размещения фильтрующей части, отбойника и надфильтровой трубы, то нижнюю часть ее, длиной 1...2 м, выде-

ляют для отстойника, среднюю - для фильтра, а верхнюю - для самотечной надфильтровой трубы.

Каркас для фильтра можно изготовить также из асбоцементных, стальных и деревянных (сверлённых из бревен или смонтированных из реек).

В асбоцементной трубе, как и в металлической, можно сверлить отверстия либо сверху, либо изнутри. В этом случае трубу предварительно разрезают на две части по длине и внутри делают разметку для сверления. После сверления внутренней поверхности трубы зенкуют отверстия, что должно способствовать выпадению зерен песка внутрь фильтра.

В большинстве случаев каркасные трубы перфорируют без раззенковки. В приводимых ниже данных указаны стандартные размеры и расположение отверстий в каркасах фильтров:

Технические данные каркасов

Наружный диаметр каркаса, мм	89	114	168	219
Диаметр отверстий, мм	12	12	20	20
Диаметр отверстий раззенковки, мм	16	18	26	30
Расстояние между центрами отверстий в горизонтальном ряду, мм	23	30	33	43
Расстояние между центрами горизонтальных рядов, мм	15	18	30	35
Число отверстий в горизонтальном ряду	12	16	16	16
Число отверстий на 1 пог.м трубы	800	880	533	640
Скважность фильтра или площадь фильтрации, %	32	30	31	30
Отношение общей площади отверстий в раззенковке к площади трубы, %	59	48	53	65

Фильтр является весьма важной частью оборудования скважины. Неправильно изготовленный фильтр уменьшает подачу воды и способен служить лишь на короткий срок. Фильтр не должен пропускать внутрь частицы породы больших размеров, чем это предусмотрено расчётом. В то же время необходимо предотвращать возможность механической закупорки отверстий в сетке и каркасе.

Существует неправильное представление, что фильтровальная сетка не должна пропускать песок во внутреннюю часть фильтра. В действительности же годна является только такая сетка, которая пропускает через свои отверстия определенное количество частиц водоносной породы.

Применение отстойника большой длины существенно улучшает работу фильтра, так как при этом частицы породы, проникающие через сетку фильтра, оседают в отстойнике и не засоряют фильтр изнутри (что неизбежно при отсутствии отстойника или при коротком отстойнике). Поэтому внутренний диаметр каркаса должен обеспечивать свободное прохождение в фильтр соответствующего инструмента (желонки или ложки) для очистки отстойника.

6.3. ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫЙ ФИЛЬТР

В однородных мелкозернистых и разнородных водоносных породах с большим количеством мелких частиц, вымывание которых не является целесообразным, устанавливают фильтры с засыпкой и корзинчатые.

Фильтр с засыпкой состоит из каркаса с навитой на него проволокой (желательно из нержавеющей стали) с расстоянием между витками от 0,25 до 2,0 мм, в зависимости от размера частиц засыпаемой породы. Размер этот в свою очередь подбирается в соответствии с диаметром частиц водоносной породы, табл. 17, в которую устанавливается фильтр.

Данный фильтр устанавливается следующим способом. После остановки обсадных труб в водоупорной породе (например, глине) на забой скважины опускают на трубах или штангах заготовленный заранее фильтр, наружный диаметр которого должен быть минимум на 100 мм меньше внутреннего диаметра обсадных труб. Для правильной установки фильтра в центре скважины на нем (или на отстойнике) и надфильтровой трубе прикрепляют в нескольких местах направляющие планки, центрирующие расположение фильтра в скважине. Последние изготовляют из полосового железа длиной 150...200 мм и толщиной 6...8 мм. Ширина их по диаметру скважины должна быть такой, чтобы между их кромками и стенками обсадных труб, в которых опускается фильтр, сохранялся зазор в 8...10 мм.

Таблица 17. Зависимость крупности частиц засыпки от состава водоносной породы

Водоносная порода	Содержание частиц в породе		Диаметр частиц искусственной засыпки, мм
	Диаметр, мм	Количество, %	
Крупнозернистые пески	2-1	80	10-8
Среднезернистые пески	1,0-0,5	60	5-4
Мелкозернистые пески	0,5-0,25	50	2,5-2,0
Тонкозернистые пески и супеси	0,25-0,05	30-40	1,0-0,5

Если колонну труб, на которой опускают фильтр необходимо извлечь из скважины, то ее соединяют с фильтром муфтой с левой резьбой, что дает возможность осуществить их разъединение вращением трубы по часовой стрелке.

При отсутствии муфты или переходников с левой резьбой применяют обычные муфты, но со слабой резьбой, которые легко отвертываются при вращении против часовой стрелки. Проверку такого свободного отвинчивания производят на поверхности до опускания фильтра на забой скважины.

Если фильтр опущен на штангах с патрубком одинакового с ним диаметра и с левой резьбой, то разъединение их производится описанным способом, то есть вращением штанг или труб по часовой стрелке. При этом патрубок дол-

жен иметь конусный переход, препятствующий попаданию засыпаемого материала внутрь фильтра.

После спуска колонны с фильтром на забой в кольцевое пространство между ней и обсадными трубами засыпают отдельными порциями мелкий гравий или отсеянный песок необходимой крупности и одновременно (через определенные интервалы) поднимают колонну обсадных труб, в которых находится фильтр. Эта работа требует тщательного выполнения, так как при засыпке гравия или отсеянного песка в недостаточном количестве может произойти соприкосновение фильтра с окружающей обсадную трубу водоносной породой, что может испортить всю установку фильтра.

С другой стороны, не менее опасна и одновременная засыпка чрезмерного количества мелкого гравия или песка, поскольку это может вызвать «спаривание» колонн труб. При внимательном наблюдении за положением верхнего конца фильтровой колонны труб (или штанг, на которых опущен фильтр) можно заметить, идет ли вверх только обсадная колонна или же она тянет за собой фильтр и фильтровую колонну. Задержкой фильтровой колонны и одновременным нанесением ударов по поднимаемой обсадной колонне их иногда удается разъединить. Такое «спаривание» колонн можно также устранить и вращением колонны обсадных труб слева направо с одновременными короткими подъемами и спусками ее (расхаживанием). Задержку фильтровой колонны можно осуществить путем увеличения ее веса или давлением труб на ее конец, выступающий из обсадных труб.

Количество засыпаемого вокруг фильтра песка и гравия предварительно подсчитывается. Так, если обсадная колонна имеет внутренний диаметр 200 мм, фильтр - длину 5 м и наружный диаметр 127 мм, отстойник - длину 3 м и диаметр 127 мм, надфильтровая труба - длину 3 м и диаметр 127 мм, то объем кольцевого зазора между внутренней поверхностью обсадной трубы и наружной поверхностью фильтра (включая надфильтровый патрубок и отстойник) может быть получен из выражения (при округлении величины диаметров труб):

$$v = [3.14 (0.2^2 - 0.12^2) (5 + 3 + 3)]/4 = 0,22 \text{ м}^3 \quad (6.1)$$

Следовательно, для засыпки в межтрубное пространство потребуется около $0,25 \text{ м}^3$ фильтровального материала. В порядке учета непредвиденных расходов и потерь засыпаемого материала к потребному количеству его добавляется 15-25%, что дает в общем $0,25 \times 1,25 = 0,31 \text{ м}^3$, т. е. около 30 ведер.

Для получения потребного количества фильтровального материала необходимо просеять через специальный грохот значительно большее его количество. До начала засыпки фильтровальный материал следует промыть и высушить.

Способ засыпки материала зависит от величины зазора между обсадными трубами и трубами или штангами, на которых спущен фильтр. Если засыпку производят через вспомогательные трубы (опускаемые по возможности до основания фильтра), то эти трубы должны иметь возможно больший диаметр (не менее 1").

Если указанный зазор настолько узок, что вспомогательные трубы опустить не представляется возможным, то засыпка производится непосредственно в кольцевой зазор. Во избежание образования «пробки» в зазоре засыпку производят обязательно небольшими дозами через некоторые интервалы времени.

Постукивание молотком по фильтровой колонне труб во время засыпки уменьшает оседание засыпаемого материала на муфтах, а также образование пробки (в том случае, если засыпку производят без вспомогательной трубы). Если фильтр спускается на извлекаемой после его спуска колонне труб или штанг, то ниже муфты остающейся в скважине надфильтровой трубы при необходимости устанавливают сальник.

Корзинчатый фильтр, рис 20, состоит из перфорированной трубы с закрепленным в ее нижней части опорным кольцом на котором устанавливается набор фильтровых колец с «корзинками» (воронками) из кровельного железа толщиной 2-3 мм. В основании этих колец просверлены отверстия. Весь набор фильтровых колец и корзинок закрепляется при помощи гаек и опорных колец. Корзинчатый фильтр отличается от фильтра с засыпкой тем, что в нем отсеянную породу можно расположить в определенном порядке, слоями определенной толщины. Для обеспечения этого перед спуском фильтра в скважину устанавливаемые на каркасе корзинки наполняются засыпкой, причем в нижнюю часть каждой корзинки засыпается наиболее крупнозернистый материал и затем следовательно сверху все более мелкий.

При высоте, например, корзинки в 90 мм нижнюю часть ее на 25...30 мм засыпают гравием размером 5 мм, следующий слой высотой 15 мм засыпают гравием с размером частиц 3...5 мм, выше - слой из песка с размером частиц 1...2 мм и, наконец, верхний слой - из песка с размером частиц от 0,5 до 1 мм.

Вода попадает внутрь фильтра при прохождении всей многослойной засыпки. На один погонный метр при этом устанавливают от 10 до 15 корзинок.

Отверстия (щели) перфорированной трубы (каркаса) таковы, что отверстия фильтра располагаются горизонтальными рядами с соблюдением следующих условий:

а) каждый ряд должен точно совпадать с нижней частью корзинки и закрываться первым слоем засыпки — более крупным материалом;

б) ширина щелей каркаса не должна превышать размера частиц первого слоя (в приведенном случае 5 мм).

Иногда отверстия каркаса делают круглыми, диаметром не более 8...10 мм. В этих случаях для засыпки подсыпают более крупный материал (для первого слоя с размером частиц не менее 10 мм) и высоту корзинок несколько увеличивают (до 120...150 мм). Корзинки фильтра размещают на каркасе таким образом, чтобы они входили одна в другую не более чем на половину высоты.

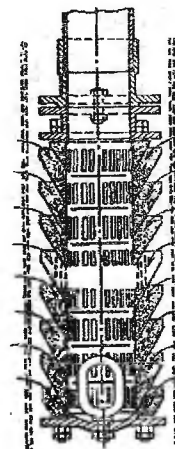


Рис. 20. Корзинчатый фильтр. Внизу в центре - овальное кольцо для извлечения фильтра.

Иногда корзинчатый фильтр, как и фильтры других конструкций, нижней части отстойник длиной 1...1,5 м с деревянной пробкой в дне. В верхней части надфильтровую трубу с сальником на конце, входящую в рабочую колонну обсадных труб не более чем на 2...3 м.

Надфильтровая труба имеет в верхней части муфту с двумя специальными вырезами в виде опрокинутой буквы Г для спускового ключа. Если фильтр в собранном виде вызывает опасение, что муфта с вырезами не выдержит этой тяжести, то применяют спусковые переходники с левой резьбы для спуска фильтра на колонне труб. Для корзинчатых фильтров необходима тщательная сортировка значительного количества (по крупности частиц путем просеивания через соответствующие сита

6.4. ГРАВИЙНО-ПРОВОЛОЧНЫЙ ФИЛЬТР С ЧЕХЛОМ

К засыпным фильтрам относится и гравийно-проволочный фильтр, который также собираемый на поверхности земли и имеющий дырчатый каркас, отстойником и надфильтровой трубой. В отличие от корзинчатого фильтра засыпка у перфорированной части этого фильтра поддерживается не корзиной, а чехлом 1 и 7 из мелкоперфорированных листов железа 1...2 мм или 3 мм. Наружный диаметр этого чехла, в зависимости от диаметра обсадной трубы может превышать диаметр каркаса на 50...100 мм и более.

В образующийся зазор засыпают необходимое количество мелкого гравия или крупного песка с размером частиц от 1 до 5...8 мм в зависимости от водоносной породы (см. табл. 17). Слои такой засыпки 2 толщиной в 25...30 мм вполне достаточны для удовлетворительной эксплуатации скважины.

При внутреннем диаметре обсадной трубы 6" (155 мм) чехол фильтра должен иметь диаметр не более 140 мм. Каркас фильтра 3 делают из 3...3 1/2" газовых труб (наружный диаметр 76-89 мм), имеющих резьбу в нижней и верхней частях. Таким образом, зазор между каркасом и чехлом имеет ширину 25...32 мм. При засыпке зазора гравием с размером частиц 2-3 мм отверстия 4 в каркасе фильтра могут иметь такой же размер. Ввиду частых поломок сверл малого диаметра обычно сверлят отверстия в 5...8 мм.

Щели целесообразно прорезать автогенной резкой. Чтобы при этом каркас «не повело» (т. е. чтобы он не искривился), резку необходимо вести, чередуя стороны трубы.

Количество отверстий на каркасе определяют, как и для фильтров других конструкций (у фильтра на рис. 23 отверстия диаметром 10...12 мм расположены через 30 мм по горизонтали и через 18 мм по вертикали).

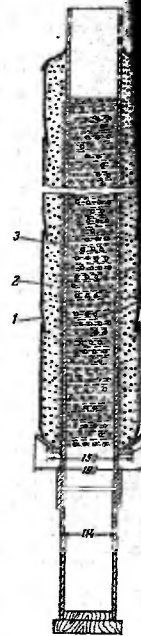


Рис. 21. Гравийно-проволочный фильтр с чехлом

Если каркас имеет круглые отверстия, то на него навивают железную проволоку 5 диаметром 2...3 мм с зазором между витками в 1,5...2 мм. Перед навивкой проволоки вдоль трубы прикрепляют 5...8 проволоку диаметром 2...3 мм и уже по ней производят навивку. При большой длине фильтра, водообильном горизонте и ограниченной потребности в воде продольные проволоки ставить нет необходимости.

Для изготовления наружного чехла можно использовать железо толщиной 1...2 мм, обычную проволочную железную сетку и сита для сортировки и очистки зерен.

Чехол составляют из отдельных звеньев длиной по 0,7...0,8 м, соединяемых между собой, как звенья водосточной трубы. До изготовления звеньев в предназначенных для этого листах пробивают пробойником множество мелких отверстий через 5...6 мм. В листах для верхнего и нижнего звеньев на расстоянии 75...100 мм от края чехла отверстия не пробивают.

Сборку фильтра производят в следующем порядке.

Каркас фильтра с проволочной обмоткой устанавливают вертикально вблизи скважины. На расстоянии 150...200 мм от нижнего конца фильтра прикрепляют при помощи сварки или способом посадки в горячем состоянии фланец 6 толщиной 8...2 мм с наружным диаметром, на 5...6 мм меньшим наружного диаметра каркаса фильтра. На фланец помещается воронка 8 из трехмиллиметрового железа с наружным диаметром на 15...20 мм меньшим внутреннего диаметра обсадных труб. На воронку устанавливают первое звено чехла с равными зазорами во все стороны. В зазор установленного звена чехла равномерно со всех сторон засыпают гравий или крупный песок.

При засыпке материала для его уплотнения наносят легкие удары по чехлу. Толщина засыпки должна быть одинакова по всей окружности фильтра. Для лучшего центрирования чехла на корпус каркаса целесообразно приваривать стойки из 6...8 мм проволоки высотой, соответствующей зазору. Такие стойки можно ставить 3...4 по окружности и в 3...4 ряда по высоте звена. Засыпка зазора каждого звена чехла прекращается на расстоянии 75...100 мм от верхнего края звена. Нижний конец второго звена чехла вводят на 75...100 мм внутрь верхнего конца первого звена, после чего засыпку производят в том же порядке. Верхний край последнего звена должен быть выше верхнего ряда отверстий на каркасе на 300-400 мм.

Во время работы фильтра часть засыпки вместе с водой может попасть внутрь фильтра, вследствие чего уменьшится высота засыпки в фильтре и обнажатся отверстия каркаса. При этом условии через обнажившиеся отверстия возможно попадание внутрь фильтра частиц водоносной породы. Поэтому внутрь верхнего конца последнего звена чехла над засыпкой следует устанавливать пеньковый сальник 8.

Края звеньев чехла скрепляют между собой замком, подобно тому, как скрепляются ведра или при помощи проволоки либо пайкой. Наружная поверхность чехла должна быть гладкой и ровной (без выступов и прогибов). Отклонение чехла от вертикального положения даже на 10 мм может вызвать разделение звеньев при опускании в скважину.

Перед спуском собранного фильтра опускают в скважину отстойник и вешивают его на хомуте у обреза обсадных труб. В муфту отстойника вставляют нижний конец фильтра, а в верхнюю муфту фильтра - конец надфильтровой трубы, имеющей на верхней части сальник.

В таком собранном виде фильтр опускают в скважину на трубах или штангах на спусковом Т-образном ключе при помощи ворота (лебедки).

6.5. СЕТЧАТЫЕ ФИЛЬТРЫ С СЕТКАМИ ИЗ МЕДИ, ЛАТУНИ И НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

В водоносных горизонтах, представленных песками, часто применяют фильтры, у которых трубчатые каркасы (дырчатые, щелевые и др.) обтянуты сетчатой тканью. Основное назначение сетчатых фильтров - обеспечить пуск воды в скважины, оборудованных трубами малого диаметра, не принося устройству гравийных обсыпок.

Существует неправильное представление, что фильтровая сетка должна изолировать внутреннюю часть фильтра от окружающей его породы. Поэтому часто устанавливают фильтр с сеткой мелкого плетения, без надобности в нем. Такая практика нередко приводит к отрицательным результатам: песок в скважину не поступает, но одновременно препятствует поступлению сквозь эту сетку фильтра достаточного количества воды.

Для фильтров применяют сетки *галунного, киперного и простого* (квадратного) плетения, рис. 22.

В зависимости от состава водоносной породы для устройства сетчатых фильтров применяют 12 номеров проволоочной фильтровой латунной сетки (галунного плетения). Из сеток галунного плетения наиболее распространены сетки следующих размеров: 6/40, 6/70, 7/70, 10/75, 10/90, 12/90, 14/100, 16/100, 16/130 и 18/130. В этих цифрах числитель обозначает количество вертикальных проволок основы, а знаменатель - горизонтальных проволок утка на 1 квадратный дюйм $-26 \times 26 \text{ мм}^2$ (английский дюйм). Большое разнообразие водоносных пород вызывает необходимость подбора различных типов и размеров сетки. Из этого следует, что во всех случаях сетки должны подбираться в соответствии с составом и свойствами горных пород.

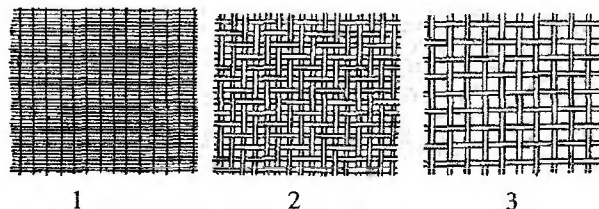


Рис. 22. Сетки фильтровые металлические

1-галунного плетения; 2-киперного плетения; 3-квадратного плетения

Правильно подобранная сетка должна пропускать не только воду, но и мелкие частицы породы.

Необходимый размер ячеек сетки для фильтра определяют опытным просеиванием проб водоносной породы через фильтровую сетку различных номеров. Принимается сетка, пропускающая через свои отверстия 70...80% от веса

пробы породы, если водоносный горизонт сложен песком; 30...40%, если сложен мелким гравием; 20...25%, если сложен весьма крупным гравием.

Из сказанного выше видно, что размер сетки для фильтра можно правильно выбрать только опытным путем. Для этого необходимо знать размер частиц, из которых состоит водоносная порода или, другими словами, произвести простейшим способом анализ состава этой породы по крупности.

Размер преобладающих частиц водоносной породы можно приблизительно определить при помощи лупы на клетчатой миллиметровой бумаге. С помощью лупы легко определить частички размером до 0,1 мм, приняв площадь в 100 мм² за 100%, можно ориентировочно определить процентное соотношение частиц породы различных размеров.

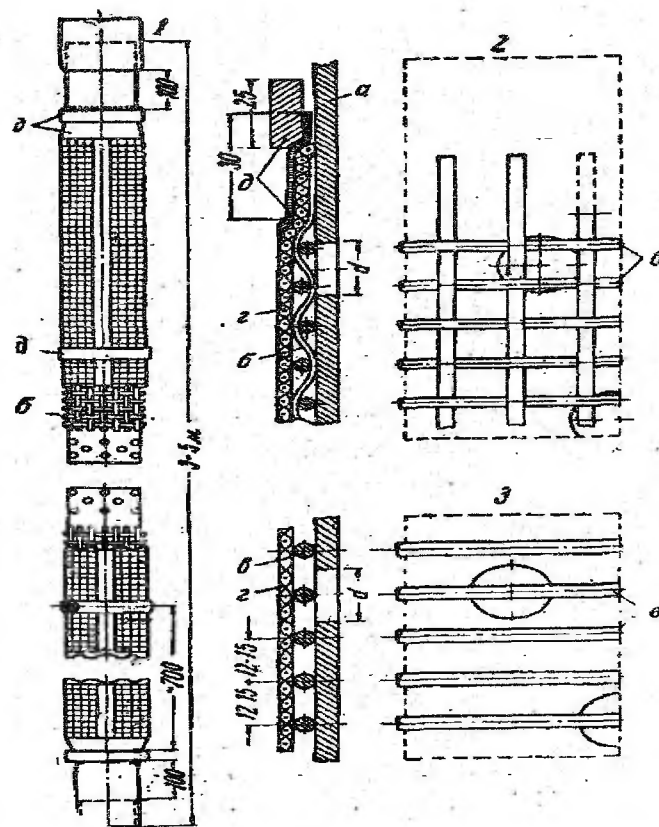


Рис. 23. Фильтр с металлической сеткой

1 - общий вид; 2 и 3 детали: а - каркас из обсадной трубы с проходными отверстиями, б - подкладочная сетка с крупными ячейками, в - подкладочная спираль из медной или латунной проволоки, г - медная сетка галунного плетения, д - накладки из листовой меди или латуни.

Можно использовать и следующий прием определения размеров породы. Просушивают 1...2 кг средней пробы водоносного песка, заполнив песком тонкий чайный стакан (такой стакан имеет объем 250 см³, 8,5 см) и просеивают песок из стакана через сетку, которую можно использовать для фильтра. После просеивания остаток на сите снова помещают в стакан, а сверху насыпают песок, прошедший через сетку. Граница между двумя слоями песка различной крупности должна быть строго горизонтальной. Для лучшего разделения их первый слой песка можно покрыть папирусом или бумагой. Измерив высоту каждого слоя линейкой с делениями и просеивая, высоту песка в стакане за 100%, нетрудно подсчитать процент водоносности, прошедшей через сетку и оставшейся на сетке.

На основании этих данных можно судить о пригодности для имеющейся сетки или необходимости замены ее сеткой другого размера.

Для песчаных водоносных слоев следует применять галунные сетки с размерами ячеек 6/40, 7/70 и 10/90. Для очень крупных песков, гравия и гальки выбирают сетку квадратного плетения с диаметром отверстий 1...4 мм.

Для неравнозернистого песка с примесью крупных частиц целесообразно применять редкую сетку с крупными отверстиями киперного плетения. Эта сетка должна проходить 40-60% мелких частиц песчаной породы. Для гравия и гальки с примесью (30-40%) крупных и средних зерен целесообразно применять галунные сетки крупных размеров.

Даже правильно подобранная фильтровая сетка в течение некоторого времени при откачке скважины должна пропускать определенное количество воды, которую необходимо своевременно удалять из отстойника и фильтрата, иначе фильтр будет работать не на полную свою длину и не пропустит необходимое количество воды.

Фильтр с сетчатой водопроницаемой поверхностью - одна из старейших и наиболее употребляемых конструкций.

Несмотря на ряд отрицательных сторон, присущих сетчатым фильтрам, широкое применение их объясняется некоторыми технико-экономическими преимуществами, которые делают эти конструкции наиболее простыми и доступными для оборудования буровых скважин.

Как известно, рабочая часть сетчатого фильтра, рис.23, состоит из опорного каркаса, представляющего собой металлическую дырчатую или щелевую проволоочную спираль или подкладочной сетки с крупными ячейками, подвешенных на опорный каркас для обеспечения более свободного доступа воды к фильтрующей сетке, которой покрывается каркас.

Сетчатые фильтры обладают следующими преимуществами.

Их можно устанавливать в скважинах на любую глубину. Минимальная толщина в диаметрах между обсадной колонной и каркасом фильтра составляет 10 мм. Изготавливать фильтры можно централизованно или на месте сооружения скважин. Изготавливать фильтры и устанавливать их в скважину могут бурильщики средней квалификации.

Кроме того, сетчатые фильтры позволяют использовать воду из рыхлых пород с широким диапазоном их гранулометрического состава и ускоряют производство буровых работ.

Извлечение сетчатого фильтра из скважины для ремонта значительно проще, чем фильтров других конструкций.

Однако перечисленные достоинства не делают сетчатые фильтры универсальными. Они имеют и ряд отрицательных сторон.

Сетчатые фильтры изготавливаются из дефицитных материалов (медь, латунь, олово). Они обладают большой сопротивляемостью и уменьшают дебит скважин. Для водоносных тонкозернистых песков (песчано-иловых) сетчатые фильтры непригодны, так как в мелких сетках наблюдается механическое засорение ячеек сетки, резко повышающее гидравлическое сопротивление.

При употреблении разноименных металлов (медь или латунь на стальной трубе) фильтр разрушается под влиянием электрохимического воздействия. Кроме того, в некоторых гидрохимических условиях выделяющиеся соли могут закупорить (зацементировать) сетку фильтра.

При эксплуатации железистых и карбонатных вод иногда в небольшой промежуток времени происходит закупорка ячеек сетки, и скважины уменьшают свою производительность часто в два-три раза, что вызывает необходимость замены фильтра или переобустройства скважин.

Таким образом, сетчатые фильтры не позволяют выявить возможный дебит скважин, маскируют эксплуатационные возможности водоносных горизонтов.

Анализ преимуществ и недостатков сетчатых фильтров позволяет сделать вывод, что применение сетчатых фильтров может быть допущено для временного водоснабжения в благоприятных гидрогеологических и гидрохимических условиях или там, где их работа проверена практикой долговременной эксплуатации.

В настоящее время изготавливаются фильтры с сетками из железа, меди, латуни, нержавеющей стали, пластмасс и стекловолокна.

Из-за коррозионной неустойчивости железных сеток применение их в фильтрах, рассчитанных на длительный период действия, воспрещается.

Сетка квадратного (простого) плетения состоит из проволок одинакового профиля (круглого или квадратного), переплетающихся под прямым углом. Этот вид сетки употребляется в фильтрах, устанавливаемых в крупнообломочных отложениях (гравий, галька), или в качестве подкладочной (опорной) сетки при опайке фильтров мелкими сетками со слабыми механическими свойствами.

Размер сеток квадратного плетения обозначается номером, который указывает число проволок, приходящихся на длину 26 мм. Зная номер сетки и толщину проволок, нетрудно подсчитать размер проходных отверстий (ширину просвета). Если обозначить номер сетки через N , толщину проволок через a , то ширина просвета l выразится формулой:

$$l = (26 - N a) / N \quad (6.2)$$

Размеры латунных сеток квадратного плетения приведены в табл. 18.

Таблица 18. Характеристика сеток квадратного плетения

№ сетки	Ширина полотна, м	Диаметр проволоки, мм	Величина отверстий сетки в свету (по расчету), мм	Масса 1 м ² , кг
8	1-5	0,50	3,13	1,10
10	1-5	0,50	2,32	1,34
12	1-5	0,45	1,86	1,38
15	1-5	0,40	1,41	1,32
18	1-5	0,35	1,14	1,22
20	1-5	0,35	0,99	1,36
25	1-5	0,30	0,76	1,19
28	1-5	0,25	0,69	0,96
30	1-5	0,25	0,63	1,03
32	1-5	0,23	0,59	0,93
35	1-5	0,20	0,55	0,77
40	1-5	0,16	0,47	0,73
45	1-5	0,15	0,43	0,55
50	1-5	0,15	0,35	0,63
55	1-5	0,14	0,33	0,59
60	1-5	0,14	0,29	0,65

Например, для сетки № 10 при толщине проволоки 0,6 мм ширина полотна будет равна 2 мм.

Галунная (репсовая) сетка состоит из продольных проволок утолщенного сечения - основы и поперечных тонких проволок - утка. В отличие от квадратного плетения уток в сетках галунного плетения состоит из проволок, плотно прижатых одна к другой, в результате чего вода, поступающая в фильтр, проходит по извилистому пути. В зависимости от характера плетения, образующегося по огибанию проволок основы утком, галунные сетки подразделяются на сетки одинарного, полуторного и двойного плетения.

Пример расположения проволок утка на основе при двойном плетении изображен на рис. 24, иллюстрирующем, что конфигурация ячеек и каналов для прохода воды определяется характером плетения.



Рис. 24. Галунное плетение - двойное

При водоснабжении в большинстве случаев пользуются галунными сетками одинарного плетения. При выборе сеток важно знать номер, по которому ориентировочно судят о размерах проходных отверстий. Номера сеток определяются по количеству проволок основы и утка, приходящихся на 26 мм.

Так, галунная сетка, обозначенная дробью 14/100, означает, что основа этой ткани состоит из 14 проволок, а уток из 100 проволок, приходящихся на 26 мм. В табл. 19 приведены данные, характеризующие галунные (репсовые) сетки; в таблице 20 - данные гидравлической пористости сеток.

Таблица 19. Характеристика галунных сеток

№ сетки	Ширина полотна, м	Диаметр проволоки, мм		Величина отверстий сетки, мм	Масса 1 м ² , кг
		основы	утка		
6/40	1-3,5	0,60	0,65	0,65	6,70
6/70	1-3,5	0,70	0,40	0,34	3,80
6/70	1-3,5	0,60	0,40	0,34	3,75
10/75	1-3,5	0,55	0,37	0,32	3,56
10/90	1-3,5	0,45	0,30	0,27	2,69
12/90	1-3,5	0,45	0,30	0,27	3,00
14/100	1-3,5	0,45	0,23	0,23	2,95
16/100	1-3,5	0,40	0,23	0,23	2,90
16/130	1-3,5	0,38	0,22	0,17	2,30
18/130	1-3,5	0,33	0,22	0,17	2,30
18/140	1-3,5	0,30	0,20	0,16	2,00
20/160	1-3,5	0,28	0,18	0,14	2,00

Таблица 20. Гидравлическая пористость сеток

Характеристика сетки	Диаметр проволоки, мм		Гидравлическая пористость, %
	основы	утка	
Медная квадратного плетения № 43/68	0,20	0,19	34,8
Медная галунного плетения № 20/145	0,28	0,17	29,7
Оцинкованная № 16/105	0,39	0,26	24,2
Медная № 15/135	0,29	0,18	30,4
» № 15/117	0,40	0,21	28,2
» № 15/98	0,38	0,25	27,4
Оцинкованная № 14/94	0,39	0,28	28,5
Медная № 12/95	0,42	0,28	31,2
» № 10/80	0,54	0,33	32,8
Оцинкованная № 8/80	0,48	0,33	33,5
Медная № 8/68	0,68	0,38	37,5
» № 7/53	0,7	0,47	39,3
Оцинкованная № 7/22	1,4-0,51	0,63	25,3
Плоская с прямоугольными отверстиями	17	0,85	24,4

Часто при определении размера проходных отверстий (ячеек) сеток того или иного номера возникают затруднения. Оказывается, что при подборе сеток недостаточно знать только их номера.

Номер сеток зачастую не определяет размера проходных отверстий (ячеек). Это подтверждается приводимыми ниже примерами.

Сетка	№ 10/80	— размер ячеек	0,50 мм
»	№ 10/92	»	0,27 »
»	№ 10/92	»	0,50 »
»	№ 14/98	»	0,27 »
»	№ 12/90	»	0,23 »
»	№ 12/96	»	0,23 »

Принятый в практике способ номерного обозначения сеток не даёт их полной характеристики, так как он отражает только число проволок утка. Для полной гидравлической характеристики сеток необходимо знать и направление, его плотность и удлинение, диаметр проволок основы и утка. Влияние диаметра проволок основы на размер проходных отверстий показан на рис. 25. Изображен разрез двух сеток с одинаковым числом проволок в основе. Согласно установленному порядку обозначения номера сеток будут тождественными, а размеры проходных отверстий различными, причем они будут большими, чем больше диаметр проволоки основы.

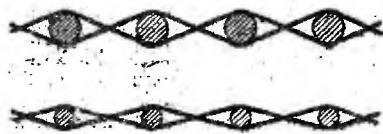


Рис. 25. Разрез сеток гальвального плетения, имеющих одинаковый номер

Плотность плетения - величина, которая характеризует сближение проволок утка. Она зависит от техники плетения. При значительном нажиме станка на уток число его проволок, приходящихся на 26 мм, увеличивается, а при ослабленном нажиме - уменьшается. Плотность плетения определяет величину проходного отверстия, которое образуется между двумя смежными проволоками утка.

Конфигурация ячеек, изменяющаяся в зависимости от плотности плетения, показана на рис. 26.

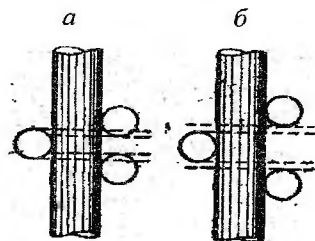


Рис. 26. Плотность плетения
а - уплотненное, б - ослабленное

Удлинение плетения - величина, характеризующая расстояние между проволоками основы l . Она выражается отношением расстояния между двумя проволоками основы к их диаметру d . Удлинение считается нормальным, когда отношение l/d равно 5 или 6. При меньших соотношениях проходные отверстия (ячейки) укорачиваются, а при больших - удлиняются.

Уменьшение или увеличение размера удлинения против нормального ухудшает гидравлическую пористость гальванных сеток.

Размер проходных отверстий в сетках гальвального плетения зависит от ряда величин. Определение последних весьма трудоёмко. Поэтому при выборе сеток для фильтра целесообразно производить просеивание водоносных пород (песков) через набор сеток. Такой метод позволяет учитывать форму зерен водоносных пород, а также их механический состав.

Применение в фильтрах скважин разноименных металлов (меди и железа) приводит к процессам электрохимической коррозии, что неблагоприятно отражается на их работе.

Киперная (саржевая) сетка (см. рис. 22). Проволоки основы и утка этой сетки перекрещиваются между собой так же, как у сетки квадратного плетения, с той лишь разницей, что проволоки одного направления переплетаются через две или три проволоки другого направления (основы). Места переплетения каждой из последующих проволок сдвигаются на одну или две пары. При таком плетении сетка получается более эластичной.

В киперных сетках с отверстиями квадратного сечения расчёт их размера производится по формуле, приведенной для сеток квадратного плетения.

Размеры киперных сеток с отверстиями прямоугольного сечения обозначаются двойным номером. При этом диаметры проволок утка и основы могут иметь различную толщину.

При подсчете величины проходных отверстий прямоугольного сечения необходимо пользоваться указанной выше формулой и делать расчёт по двум осям. Например, в киперной сетке № 10/25 толщина проволок основы равна 0,4 мм, а утка - 0,45 мм; тогда ширина отверстий будет равна:

$$\text{по основе } l = (26 - 20 \times 0,4) / 20 = 0,9$$

$$\text{по утку } l_1 = (26 - 24 \times 0,45) / 24 = 0,63.$$

Тогда размер проходного отверстия составит $0,9 \times 0,63 = 0,56$ мм.

В практике водоснабжения наибольшее распространение имеют гальванные сетки, применяемые для мелко и среднезернистых песков, а также сетки квадратного плетения для разно- и крупнозернистых песков. Киперные сетки применяются сравнительно редко.

6.6. КРЕПЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕТОК НА КАРКАСАХ ФИЛЬТРОВ

При обтяжке стальных каркасов фильтров с круглой или щелевой перфорацией сетками из меди, латуни и нержавеющей стали крепление производят опайкой оловом или сшивкой. Рекомендуются при этом следить, чтобы проволока основы располагалась по окружности фильтра, а утка - по образующей. Указанное расположение сетки на каркасе создает такие условия, при которых снижается возможность раздвижки проволок утка сетки при спуске и обнажении фильтра. Однако, в практике применяются сетчатые фильтры и с обратным расположением проволок основы и утка.

Применяются два вида опайки сеток. В первом случае при обтяжке каркаса сеткой один ее край припаивают к каркасу фильтра по образующей, а другой припаивают на первой внахлестку с припуском сетки на 8-10 мм. Шов получается шероховатым с различной толщиной слоя олова вдоль не-

го. В другом случае вдоль швов накладывают пластинки из меди или и по ним производят опайку. Шов получается более ровным.

В практике многие производственные организации опайку оловом заменяют сшивкой. Сшивка сеток производится следующим образом.

Перед началом обтяжки фильтра измеряют

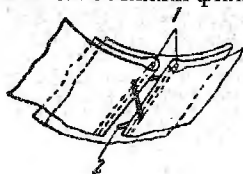


Рис. 27. Схема крепления сетки на опорном каркасе при помощи сшивки
1 - проволоочные стержни;
2 - сшивная проволока

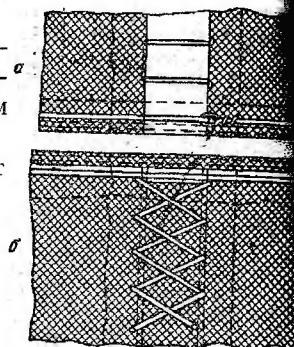


Рис. 28. Сшивка сетчатой ткани:
а - сшивка одним концом проволоки; б - сшивка двумя концами проволоки

окружность каркаса. Нарезают сетку с припуском для заправки концов. Последние загибают во внутреннюю сторону, а в углы сгиба вставляют медный стержень, рис. 27. Этот стержень предохраняет сетку от разрыва при стяжке ее краёв. Сшивают сетку при помощи проволоки. На рис. 28 показано два вида сшивки сеток.

Если края сеток не стягиваются вплотную, то зазор между ними закрывают подогнутым краем одного из её концов. Этот вид крепления сеток рекомендуется для фильтров больших диаметров. При такой сшивке фильтра малого диаметра образуются участки, на которых сетка ложится в три слоя, что затруднит фильтрацию, так как этот участок будет подвержен механическому засорению.

6.7. ПРОВОЛОЧНЫЕ ФИЛЬТРЫ

При отсутствии фильтровой сетки иногда применяют проволоочные фильтры, рис. 29, также состоящие из надфильтровой трубы, отстойника и дырчатого каркаса, причем эти части имеют те же размеры, что и у сетчатых фильтров соответствующих диаметров.

У проволоочных фильтров сверленную часть покрывают витками проволоки диаметром 2...3 мм, предварительно хорошо выправленной, не имеющей узлов и утолщений.

Перед навивкой проволоки каркас фильтра свободно укладывают на два козелка. На одном из концов каркаса укрепляют деревянный или металлический хомут с удлиненными ручками, при помощи которых каркас можно вращать для намотки проволоочной спирали.

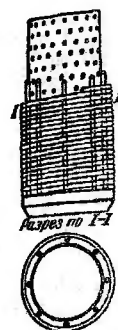


Рис. 29. Схема устройства проволоочного фильтра

Навивка проволоки производится вдвоём - один медленно вращает каркас, а второй плотно укладывает проволоку на нем с расстоянием между витками от 0,25 до 4 мм, в зависимости от крупности частиц водоносной горной породы. Через каждые 250...400 мм по длине каркаса навитую проволоку припаивают к продольным проволокам.

Проволоочные фильтры хорошо работают в скважинах, получающих воду из крупнозернистых песков, гальки, гравия и крупнообломочных пород; при использовании таких фильтров в мелкозернистых водоносных песках необходимо производить продолжительную откачку и неоднократно очищать фильтр и отстойник.

Монтаж фильтра производится так же, как и сетчатого.

6.8. ЩЕЛИСТЫЕ ФИЛЬТРЫ

Фильтры этого типа отличаются от проволоочных тем, что состоят только из фильтровой трубы, в которой вместо круглых отверстий прорезаны щели шириной от 2 до 4 мм, расположенные тоже в шахматном порядке. Общая площадь щелей обычно составляет около 20% всей поверхности каркаса.

Такой фильтр удобно изготовлять из деревянных или асбоцементных труб. Разрезав асбоцементную трубу вдоль, при помощи ножовки и дрели делают щели требуемой ширины и длины.

Можно применять также деревянные фильтры, изготовленные из дубовых брусков-клепок, поставленных вертикально с очень узкими продольными щелями между ними. Целесообразно применять клепки клиновидного сечения и устанавливать их так, чтобы щели между ними расширялись в направлении к оси фильтра. Фильтр изготавливают отдельными звеньями длиной 3 м, соединяемыми между собой при помощи муфт. Каждое звено имеет на одном конце металлическое кольцо с наружной резьбой, а на другом - муфту. По длине звена клепки стягивают в нескольких местах обручами. Применяются щелевые фильтры в тех же условиях, что и проволоочные.

6.9. ФИЛЬТРЫ С ПОЛИМЕРНЫМИ СЕТКАМИ

Сетки для фильтров из полимерных материалов изготавливают на основе пластических масс, вырабатываемых из полихлорвиниловых смол. Этот термопластический материал в зависимости от химического состава имеет названия винипласт, поливинил-хлорид и др.

Наибольшее распространение получили сетки из пластических масс штампованные с круглыми и квадратными отверстиями и плетеные с квадратными отверстиями.

Для фильтров применяют освоённые промышленностью сетки двух видов: простые и гофрированные. Гофрированную применять предпочтительнее, так как

её поверхность способствует созданию лучших условий сводообразования породы в зафильтровой части, а также пропуску воды к проходным отводам фильтра.

Плетёные сетки изготавливают из отдельных пластмассовых нитей-прошпиров. По сравнению с сетками круглого сечения квадратные сетки менее жёсткие, в большей степени подвержены механическому повреждению.

Более частые пластмассовые сетки употребляются в качестве фильтрующей кровной ткани, а более редкие — в качестве подкладочной.

Каркасом для фильтров с пластмассовыми сетками служат металлические асбоцементные и пластмассовые трубы. Металлические и асбоцементные перфорированные трубы (каркасы) — в целях защиты их от коррозии перед натяжением сеток целесообразно покрывать гудроном или кузбасслаком.

Несмотря на достаточно высокую механическую прочность пластмассовых сеток на каркасах продавливаются. Поэтому диаметры отверстий каркасов не должны превышать 7...8 мм. Можно производить двухслойную или трёхслойную намотку пластмассовой сетки, что значительно повышает механическую прочность и долговечность на продавливание.

При монтаже фильтра с пластмассовой сеткой намотку производят под углом 35...45° к оси трубы, непрерывной лентой бинтуя трубу.

Крепление пластмассовой сетки на каркасе производится клеем типа «БФ». В этом вдоль каркаса на очищенную на образующей полосу шириной 10...15 мм наносят слой клея. После полимеризации к нему приклеивается сетка. Внахлест обтянутый пластмассовой сеткой фильтр проволокой прикрепляют три-четыре деревянные рейки, предохраняющие ткань от повреждения при его спуске и обжиме.

Неглубокие эксплуатационные скважины с водоносным горизонтом в мелкозернистых песках целесообразно оборудовать фильтрами с пластмассовой сеткой и мелкогравийной обсыпкой. Диаметр скважины, при этом, должен быть на 100 мм больше диаметра фильтра. Обсыпку производят при подъёме обсадной колонны.

Область применения фильтров с пластмассовыми сетками — неглубокое залегание подземных вод с большой минерализацией и агрессивностью.

Недостатки пластмассовых сеток могут быть устранены применением фильтрующих тканей достаточной плотности, позволяющей устанавливать фильтры в скважинах малых диаметров без применения гравийной обсыпки. Этим требованиям отвечают ткани из стеклянного волокна. Такие ткани, изготовленные из бесцветного стекла, могут длительно работать в водной среде. Фильтры со стеклянной тканью можно применять в водах любого минерального состава и агрессивных.

В качестве каркасов для фильтров со стеклянной тканью применяются стальные, асбоцементные, деревянные, пластмассовые и др. трубы с отверстиями диаметром 8...10 мм и скважностью 10...15%.

При монтаже фильтра со стеклянной тканью сначала на каркас наклеивают гофрированную пластмассовую сетку, а затем накладывают стеклянную ткань. Концы ткани приклеивают к каркасу.

После обтяжки фильтра стеклянной тканью по образующей устанавливают три-четыре деревянные рейки для предохранения ткани фильтра от повреждения

Кроме перечисленных фильтров, находят применение керамические и металлокерамические фильтры, изготавливаемые методом порошковой металлургии. Такие фильтры не требуют применения специального каркаса, более просты в эксплуатации и ремонте, но их изготовление связано с применением более дорогостоящего материала.

6.10. Сальники

Через зазор между обсадными и надфильтровыми трубами в скважину может вместе с водой проникать песок. Поэтому рекомендуется ниже муфты надфильтровой части каркаса, рис. 30, на фильтры надевать сальники, препятствующие поступлению воды в водоподъемные трубы, минуя фильтр.

Сальники изготавливаются из пенькового каната, который плотно наматывается на патрубок, или из листовой резины толщиной 4-5 мм.

Чтобы поверхность такого резинового сальника была ровной и гладкой (без выступов), верхнюю и нижнюю части резиновой полосы постепенно утончают. Под средней частью резинового сальника на патрубок наматывается небольшое количество проволоки или пеньки, чтобы при уплотнении сальника наружная поверхность его получила форму бочонка, а не собиралась складками. Ниже сальника к патрубку приваривают опорное кольцо, а непосредственно под муфту патрубка надевают подвижное кольцо — шайбу.

Муфту с вырезами для штангового спускового ключа перед спуском фильтра навинчивают не до отказа. После установки «фильтра на забой, не выводя спусковой ключ из вырезов, ее заворачивают уже до отказа, поворачивая штанги шарнирным ключом по часовой стрелке. При этом муфта и шайба нажимают на сальник и раздают его в стороны, чем и достигается надежное закрытие кольцевого зазора.

Иногда устанавливают пеньковый сальник, известный в практике под названием «бороды» и работающий без зажима муфтой. При этом концы пенькового каната длиной 23 м распускают на отдельные пряди. Верхние концы пеньковых прядей подвязывают шпагатом на 2-3 м выше муфты, соединяющей сальниковый патрубок с перфорированной трубой; нижний конец, подвешенной таким образом «бороды», должен спускаться немного ниже муфты. При подвязывании необходимо следить, чтобы пенька равномерно располагалась вокруг сальникового патрубка слоем одинаковой толщины, соответствующей ширине зазора между сальниковым патрубком и обсадными трубами.

Нижний конец пенькового сальника прочно привязывается непосредственно над муфтой (наличие этой муфты для установки такого сальника необходимо). Для привязывания нижнего конца сальника лучше всего пользоваться медной проволокой диаметром 1,5...2,0 мм или мягкой отожженной железной проволокой диаметром 1,0...1,5 мм.



Рис. 30. Сальник

До затяжки проволоочной обмотки на нижней части прядей пеньковой муфтой необходимо пропустить под указанную обмотку. 4...6 от концов проволоки и прочно привязать эти концы к трубе непосредственно муфтой. Нижний конец «бороды» подрезают на уровне верхнего обреза.

При этом условии во время спуска сальника в трубы нижняя проволоочная обмотка не сползёт вверх по трубе, так как этому будет мешать муфта. Нижняя же проволоочная обмотка, прочно укрепляющая пеньку вокруг патрубков, также не сдвинется, потому что она связана с нижней проволоочной обмоткой.

Когда при спуске почти вся «борода», кроме верхнего конца, обвязана шпагатом, войдет в трубы, шпагат снимают и фильтр ставят на забой.

В скважине пенька под действием собственной тяжести опускается, поднимая все свободные зоры.

В целях предохранения сальника от разрушения и облегчения его прохода в трубах, его предварительно, но после увязки шпагатом, пропитывают ким-либо минеральным маслом.

Установкой сальника заканчивается монтаж фильтра.

6.11. СПУСК И ОБНАЖЕНИЕ ФИЛЬТРА

Для обеспечения нормальной работы фильтра его необходимо правильно установить на забой. Для этого точно измеряют глубину скважины от настила над шурфом до забоя. Если эта глубина после прекращения бурения не уменьшилась, то в скважину можно опустить фильтр на колонне штанг или троса, имеющей вместе с фильтром длину, соответствующую глубине, полученной замере. В противном случае необходимо при помощи желонки очистить забой и только после этого опустить на него фильтр.

Фильтр можно опускать в скважину на трубах в том случае, когда они являются водоподъемными и выходят верхним концом на поверхность или в скважину устанавливается цилиндр штангового насоса (или иной водоподъемник). Этот способ является наиболее простым и легким для постановки фильтра на забой. Кроме того, при этом не требуется устанавливать сальник над фильтром.

В том случае, когда для установки водоподъемника необходима рабочая обсадная труба, фильтр опускают в скважину тоже на трубах, но при этом верхняя часть муфты надфильтровой трубы, как и нижний конец спусковой колонны труб, должна иметь левую резьбу; перед спуском на надфильтровую трубу необходимо установить сальник.

Если до вскрытия водоносного слоя скважину бурили в глинистых породах, добавляя воду, и в ней образовался густой глинистый раствор, то следует отчерпать его желонкой. Если башмак обсадной трубы вошел в твердую породу на 1,0...1,5 м, то указанный раствор можно выбрать желонкой, без добавления воды. В чрезмерно густой глинистый раствор можно подливать воду. Поддерживая таким способом постоянный уровень воды в скважине, удастся постепенно очистить скважину от глинистого раствора.

После спуска фильтра производят его обнажение, поднимая обсадные трубы обычно на общую высоту отстойника и фильтра.

Такой подъем труб можно совмещать с одновременной прокачкой. Для этого поднимают 0,5...1,0 м обсадных труб, производят прокачку до осветления воды, после чего вновь поднимают обсадные трубы примерно на такую же высоту и вновь повторяют прокачку воды до осветления. Такой постепенной прокачкой скважины удается значительно лучше очистить водоносную породу от мелких частиц, чем прокачкой при полном обнажении фильтра.

Фильтровая колонна на штангах опускается в скважину в тех случаях, когда обсадные трубы используются для постановки в них водоподъемника, и когда отсутствуют трубы одинакового с фильтром диаметра и муфты с левой резьбой. В этих случаях фильтр со штангами соединяется, как указывалось, при помощи спускового Т-образного ключа, лапы которого заводят в вырезы верхней муфты надфильтровой трубы. При этом фильтр должен висеть над устьем скважины на трубных хомутах. После соединения ключа со штангами фильтр опускают до установки его на забой.

При опускании фильтра следует избегать вращения штанг.

Если, например, рабочая колонна труб имеет внутренний диаметр 6" (155 мм), а каркас фильтра 4" (наружный диаметр муфт 111 мм), то зазор между ними по окружности будет иметь ширину около 22 мм. В этом случае в месте, где каркас покрыт сеткой, зазор уменьшится на толщину сетки и двух проволок (10 мм), т.е. примерно до 12 мм. Такой зазор является достаточным для прохождения фильтра в обсадной трубе. Чтобы убедиться в возможности прохождения фильтра через трубу, диаметр последней до опускания ее в скважину необходимо проверить специальным калибром.

После установки фильтра на забой приступают к подъему обсадных труб для обнажения фильтра, проверяя, не поднимается ли фильтр вместе с обсадной колонной. Как уже указывалось, для этого необходимо наблюдать за положением верхнего конца штанг. Обсадные трубы поднимаются на такую высоту, чтобы надфильтровый патрубок оставался выше трубного башмака.

После обнажения фильтра и закрепления рабочей колонны труб над устьем скважины при помощи хомутов излишний верхний конец обсадной трубы отвертывают или обрезают. Ключ выводят из вырезов в муфте или трубе вращением штанги в обратную сторону и поднимают на поверхность вместе со штангами.

Как указывалось, фильтровую колонну можно опустить на штангах без применения спускового ключа - при помощи патрубка с левой резьбой (или обычного патрубка с правой резьбой). При этом верхняя муфта фильтровой колонны должна иметь в верхней своей половине левую резьбу, в которую ввертывается патрубок с левой резьбой. Этот патрубок соединяют со штангами при помощи переходника или при помощи приклепанной (или приваренной) к патрубку вилки, имеющей такую же резьбу, как и штанги, на которых опускают фильтровую колонну. Левая резьба патрубка должна свободно (от руки) ввертываться в муфту.

Если муфта фильтра и патрубок имеют правую резьбу, необходимо, чтобы резьба обеспечивала свободное навинчивание и развинчивание, но не имела бы большой слабину, ибо при большом весе фильтра это может привести к ее

срез. Штанги с правой резьбой следует при этом соединять между собой бенно плотно.

После установки фильтра на забой штанги вращают против часовой стрелки, и правая резьба переходника при свободном ее креплении легко вывинчивается из муфты. До начала отвинчивания патрубка целесообразно сделать на штангах метку для наблюдений за длиной вывертывания колонны штанг муфты фильтра.

Отвинчивание патрубка достигается креплением муфт на трубах при помощи шпилек-заклепок. Для этого сквозь муфты и концы штанг просверливают отверстия по диаметру шпильки (3...5 мм), а вставленные в отверстия заклепки расклепывают, что предохраняет их от выпадения.

Для уплотнения соединений муфт и штанг применяют также расплавленную канифоль с небольшой примесью смазочных минеральных масел. Такой массой покрывают нагретую паяльной лампой резьбу штанг перед соединением. В этом случае при разборке штанг муфты вновь нагревают паяльной лампой.

Вывинчивание патрубка с левой резьбой из муфты фильтра производится вращением штанг по направлению часовой стрелки.

6.12. ПРОВЕРКА РАБОТЫ ФИЛЬТРА, ОЧИСТКА И ЗАМЕНА

При эксплуатации скважины периодически проверяется заполнение отстойника и фильтра породой. Своевременная очистка фильтра от породы предотвращает уменьшение его рабочей поверхности и дебита скважины.

Производительность скважины проверяют пробной откачкой. Количество воды, полученное из скважины при понижении уровня воды в ней на 1 м называется *удельной производительностью (удельным дебитом)* скважины. Чем больше это количество, тем водообильнее скважина. Если через некоторый период работы скважины ее удельная производительность не изменилась, то это означает, что работа фильтра не ухудшается.

Профилактические меры при бурении заключаются в предупреждении колюматации водоносного горизонта и, в первую очередь, сводятся к уменьшению скорости (в пределах 0,25 м/с) спуска бурового инструмента, обсадных труб и фильтра. Во всех случаях к разглинизации пласта приступают сразу же после оборудования скважины фильтром.

Монтаж штангового насосного оборудования на скважине всегда производится с таким расчетом, чтобы приемная (всасывающая) труба с клапаном была опущена ниже динамического уровня, и чтобы при самой усиленной откачке этот клапан не обнажался и насос не засасывал воздух. Если же насос начинал бы засасывать воздух и подавать воду с перерывами, то это указывало бы на ухудшение работы фильтра, либо на понижение уровня подземных вод в данном месте.

Причины понижения пропускной способности фильтра следующие:

- а) закупоривание отверстий сетки фильтра породой;
- б) покрытие сетки фильтра или отверстий в каркасе целостного фильтра отложениями солей, окиси железа и т. п.;

в) заполнение отстойника и части фильтра породой, проникающей через сетку фильтра в процессе эксплуатации;

г) образование гальванической пары из железного каркаса и медной сетки фильтра, вызывающее постепенное разъедание металлов, отложение их частиц на прилегающих к фильтру песчинках и цементирование этих песчинок в твердую сплошную корку.

Если происходит занос фильтра мелким песком, с диаметром частиц меньше проходных отверстий сетчатых фильтров, то это указывает на несоответствие номера установленных сеток гранулометрическому составу песков водоносных пластов. Если же в фильтре обнаружен разноразмерный песок, с диаметром частиц крупнее проходных отверстий сетчатых фильтров, это сигнализирует о повреждении поверхности фильтра.

По принципу воздействия на обрабатываемую зону все известные методы разглинизации можно разделить на гидромеханические, физические и химические. Первые являются основными, два других, как правило, интенсифицируют процесс разглинизации стенок скважины.

Наиболее широко применяются гидромеханические методы: обратновсасывающий, а также метод, основанный на быстром чередовании откачек с наливом воды в скважину и промывкой через рабочую поверхность фильтра или открытый отстойник. Применяется способ очистки прямой промывкой водой с использованием насоса или водонапорной сети, производимой путем опускания в фильтр труб диаметром 1", 2", 2 1/2" или шланга с газовой трубой на конце.

Эффективен при засорении фильтра мелкозернистым песком способ обратной промывки скважины. Вода, нагнетаемая с помощью насосов в зазор между обсадными трубами и водоподъемной трубой, пропущенной в центре, через последнюю выносит на поверхность размываемый песок, восстанавливая фильтр.

Хорошие результаты дает очистка фильтров от песчаного материала при помощи эрлифта. Этим способом можно производить очистку в короткие сроки и без всякого повреждения фильтров, из какого бы материала они ни были сделаны, причем удаляются на поверхность не только песчаные частицы, но и гравий и даже мелкая галька.

Сопоставляя результаты откачек до и после очистки, можно судить об ее эффективности. Если при откачках после очистки фильтра снова будет отмечен занос его песчаной породой, это будет свидетельствовать о повреждении фильтрующей поверхности. В данном случае требуется ремонт или замена фильтра.

При закупорке фильтров песком применяется механическая их очистка. Для удаления осадков с внутренней стороны фильтров нередко применяют специальные ерши, опускаемые на тросе или штангах. Металлическая щетина ершей соскребает осадки и прочищает часть отверстий сетки фильтра.

Высокую эффективность показывает переносная установка УДФ-150 созданная в ВИТРе. Разрядник установки на кабеле опускают внутрь фильтра. После этого формируют искровой разряд в водной среде в импульсном ре-

жиме. В результате электро-импульсного воздействия создаются гидромеханические ударные волны, обрабатывающие фильтр и околофильтровую зону, вызывая раскрытие пласта. Эффективность такого воздействия на фильтр очень высокая. На скважинах проработавших более 30 лет, на которых первоначальный дебит снизился в три – четыре раза, после обработки их установкой УДФ-150 удавалось восстановить дебит практически до первоначального.

Техническая характеристика установки УДФ-150

- глубина скважины, м	до 150
- диаметр излучателя, мм	60
- напряжение генератора импульсов тока, кВ	1,5-2,5
- частота импульсов, мин ⁻¹	3
- потребляемая мощность, кВт	0,2
- масса (с кабелем), кг	200
- габариты лебедки с кабелем, мм	700 x 1200

Среднее время обработки скважины глубиной 50 м и длине фильтра 10 м не более 4...6 часов. После обработки фильтра проводят откачку.

Эффективным способом прочистки фильтра является прокачка воды по подачей к фильтру воздуха. В этом случае осуществляют параллельный спуск в скважину двух бурильных колонн малого диаметра. Одну колонну для подачи воды, другую - для подачи воздуха. К нижней части водопроводной колонны присоединяют устройство для свабирования скважины. Вначале спускают колонну труб с устройством для прокачивания, затем колонну труб для подачи воздуха.

Устройство состоит из перфорированной трубы, на верхний конец которой надет поршень (или два с расстоянием 0,5 м). Поршень изготавливают толщиной 20 см с кольцами из кордовой резины и закрепляют на трубе жесткими дисками и соединительными ниппелями. В конец трубы запрессовывают деревянную пробку. На устье скважины к оголовку приваривают отвод.

После спуска труб начинают прокачку воды и подачу воздуха.

В илистых, глинистых и мелкозернистых песках поршневание проводят на малой скорости вращения барабана лебедки (или хода качалки) и при интенсивной промывке. Прокачиваемая вода поступает в отверстия фильтра снаружи выходит из фильтра выше поршня. Таким образом, вымываются глинистые и илистые частицы из околофильтровой зоны пласта. Компрессор в этом режиме должен работать с малой подачей.

Через 12...16 часов переходят на усиленный режим поршневания с частотой 6 мин⁻¹. При таком режиме вымываются крупно- и среднезернистые пески. Интенсивность промывки насосом также усиливают.

В результате поршневания на первом режиме в прифильтровой зоне формируется естественный фильтр из мелкозернистых песков, а на втором режиме - из крупнозернистых песков.

Разглинизация стенок скважины методом обрушения дает наилучшие результаты в однородных мелко- и тонкозернистых породах. Обрушение в

прифильтровой зоне обеспечивается подработкой породы на забое через открытый отстойник фильтра путем интенсивного его размыва водой (прямой или обратной циркуляцией). По объему вынесенного на поверхность песка судят о величине обрушения породы в прифильтровой зоне. После завершения работ отстойник в скважине цементируют.

Перед очисткой фильтра от песка необходимо выяснить, хотя бы приблизительно, размер песчаных частиц в водопримемной части скважины. Если частицы извлекаемого из фильтра при его очистке песка одинаковы по размеру с частицами водоносной породы снаружи фильтра, то это указывает на повреждение (разрыв) сетки. Если же размеры частиц извлекаемого песка меньше диаметра отверстий сетки фильтра, то можно считать сетку целой.

Иногда песок попадает внутрь фильтра не через сетку, а через неисправный или недостаточно плотный сальник у надфильтровой трубы. В этом случае внутри последней устанавливается патрубок меньшего диаметра с дополнительным сальником в верхней части. Таким сальником служит резиновое или пенное кольцо, изготовляемое по размеру внутреннего диаметра обсадной трубы.

Наиболее доступный способ восстановления фильтра - очистка от породы желонкой.

Желонку для очистки фильтра целесообразно использовать только в тех случаях, когда порода легко забирается инструментом без применения сильных ударов, которые могут повредить сетку фильтра.

Очистка отстойника в этом отношении не представляет опасности, но опускать желонку через фильтр следует медленно, чтобы сильным напором воды не разорвать сетку.

Желонку для очистки фильтра лучше опускать на штангах, так как при опускании ее на канате иногда довольно трудно попасть в отверстие надфильтровой трубы.

Промывка фильтра и отстойника с подачей воды в скважину посредством насоса целесообразна лишь в том случае, когда количество направляемой в скважину воды в 2...3 раза превышает ее эксплуатационную производительность.

Для очистки фильтра применяется также плоский диск с клапаном, рис. 31. При чередовании спуска и подъема диска достигается большая скорость притока воды в фильтр, а следовательно, чем нормальная эксплуатационная.

В результате после каждого хода диска у стенок фильтра происходит подвижка породы, разрушение сцементированного песка и вынос мелких частиц внутрь фильтра.

При производстве очистки фильтра этим способом следует учитывать, что большие скорости движений диска могут вызвать разрыв сетки.

При чистом отстойнике и достаточно прочной сетке для очистки фильтра иногда прибегают и к так называемым «гидравлическим ударам». Для этого



Рис. 31. Диск с клапаном
1-штанга; 2-резина; 3-металлический диск

используется обычная желонка с прикрепленной к ее вилке ударной штанги с пробкой в желоночном башмаке. Весь этот снаряд опускается в скважину тросе или штангах и с высоты 1...5 м над статическим уровнем сбрасывается на воду. Удар по воде передается всему столбу воды в скважине, а следовательно, и сетке фильтра. Чрезмерно резкие удары в данном случае так допустимы, так как они могут разорвать сетку.

Если применением описанных мероприятий восстановить работу фильтра удастся, необходимо заменить его новым. При извлечении вышедшего строя фильтра для замены новым необходимо учитывать следующие обстоятельства:

1. Сальник у надфильтровой трубы в верхней своей части может быть забит песком, который при извлечении будет заклинивать его в обсадной трубе.

2. Надфильтровая труба верхней своей частью входит в обсадную колонну. В этом месте межтрубное пространство нередко заполняется породой, что может в некоторых случаях спарить трубы и затруднить подъем фильтра;

3. Перфорированная часть каркаса фильтра вследствие длительного действия воды иногда подвергается разведанию и под действием даже незначительных усилий при извлечении может разорваться на части. Подвергается порче и замок в муфте надфильтровой трубы, поэтому он может не выдержать усилий, применяемых при извлечении фильтра с помощью Т-образного ключа.

При извлечении фильтра для замены новым применяются следующие приемы:

1. Подъем фильтра при помощи колонны штанг и ключа такого же вида, на котором фильтр был опущен. Подъемным механизмом является лебедка, соединяемая со штангами через трос или добавочную таль;

2. Опускание на фильтр колонны труб с ловильным метчиком или иным приспособлением для соединения с надфильтровой трубой. Колонна с фильтром извлекается из скважины при помощи тех же подъемных механизмов;

3. Опускание внутрь надфильтровой трубы конусной металлической пробки, рис. 32, на обсадных трубах или штангах. Напущенную в трубу пробку насыпают песок, который и заклинивает ее при подъеме.



Рис.32. Деревянная конусная пробка для подъема фильтра

Вместо лебедки и талей можно применять домкраты и рычаги (ваги).

После извлечения фильтра и отстойника стенки скважины, состоящие из мягких пород, немедленно заплывают. Поэтому для установки нового фильтра скважину необходимо вновь углубить при помощи соответствующего бурового инструмента, подъемных механизмов, вышки и обсадных труб.

Обсадная труба ремонтируемой скважины должна иметь на своем верхнем конце резьбу или нарезную муфту. Верхний конец трубы до начала работы должен быть выше поверхности земли на 0,5...0,75 м. Для этого на трубу, при необходимости, навинчивается добавочный патрубок.

При добурировании скважины до забоя для установки нового фильтра следует применять натяжку труб, посадку их с забивкой, расхаживание и вращение при помощи деревянных хомутов. Если трубы «пошли» к забою, бурение заканчивают обычным способом, и фильтр устанавливают ранее описанными приемами.

Извлечение из скважины всего фильтра удастся не всегда. В таких случаях возникает вопрос об извлечении его оборвавшихся остатков.

Извлечь остатки фильтра из скважины можно лишь при условии, если колонна обсадных труб накрывает фильтр и закрывает песку доступ в скважину. В некоторых случаях остатки фильтра рубят долотом на куски с последующим извлечением их желонкой или ловильным инструментом. Следует учитывать, что все эти работы сложны и трудоёмки. Нередко пробурить новую скважину можно быстрее, чем извлечь остатки фильтра из старой.

Если фильтр полностью извлечен из скважины, но обсадные трубы подвинуть к забою не удастся, ее можно добурить трубами меньшего диаметра (при рабочих трубах, например, 8" переходят на 6", при трубах 6" - на 4"). В добуренную таким образом скважину устанавливают фильтр соответственно меньшего диаметра. При этом производительность скважины иногда несколько уменьшается.

При отсутствии в водоносной породе опасных для сохранности сетки крупного гравия или гальки, на смену старому фильтру можно поставить новый, прежнего диаметра, путем проходки данной породы «фильтром вперед». В этом случае отстойник фильтра опускают без пробки.

Необходимым условием такой проходки является изготовление каркаса фильтра из стальной трубы. Сетку фильтра при этом защищают напаянными на нее через каждые 0,5...0,7 м железными обручами.

Фильтр спускается на сплошной колонне труб, имеющей «слабое соединение» в резьбе сальниковой муфты (расхаживание труб и посадка их забивкой в этом случае не допускаются).

По мере отбора водоносного песка из-под башмака отстойника колонна труб с фильтром будет погружаться. Работа желонкой (с кожаным клапаном) при данном способе установки фильтра должна осуществляться слабыми, но частыми ударами. Целесообразно применять желонку с низко посаженным клапаном.

Для более прочного закрепления нового фильтра после опускания его на место устанавливают пробку. Из способов установки последней наиболее употребительны следующие:

1. Засыпка на забой некоторого количества бетона в специальном цилиндре с клапаном, открывающимся вниз и поддерживаемым во время спуска тонким тросом (например, диаметром в 5 мм), на котором спускается цилиндр. Последний цилиндр поднимается на тросе, привязанном к его дужке;

2. Засыпка некоторого количества гравия различной крупности с последующим спуском на него обрывков изношенных цепей.

3. Спуск деревянной пробки с клином;

4. Устройство цементной пробки.

Наиболее надежным способом является устройство цементной пробки. кладывается она следующим образом. В плотный брезентовый мешок (длина примерно в 4-5 раз превосходящей его ширину) насыпают цемент. Сеч мешка с цементом должно позволять свободное прохождение его через трубу-фильтр. Перед сбрасыванием мешка его необходимо надежно и крепко зажать шпагатом.

Сброшенный на забой мешок с цементом необходимо немедленно с силой придавить (без ударов) деревянной пробкой, прочно укрепляемой в желоночной трубе (со снятым бапмаком) и спускаемой на штангах. Во время раздавливания мешка с цементом рекомендуется приподнять колонну труб с фильтром примерно на 100 мм. Через некоторое время (дней через 5) цемент превращается в воде в плотно пригнанную каменную пробку.

7. ПРОБНЫЕ ОТКАЧКИ, НАСОСЫ И ВОДОПОДЪЕМНИКИ

7.1. ПРОБНЫЕ ОТКАЧКИ

Пробные откачки проводят после вскрытия водоносного горизонта и установки фильтра. Вскрытие скважиной водоносного горизонта в процессе бурения определяется по нескольким признакам. Основные из этих признаков:

1. Положение уровня воды в скважине обычно резко изменяется;
2. Новый уровень воды делается устойчивым, т. е. через некоторое, сравнительно короткое время по прекращении откачки (или налива) воды, вновь занимает постоянное положение (статический уровень);
3. Состав породы указывает на ее водоносность - обычно это пески различной крупности, гравий, галечник с незначительным содержанием глины, известняковые или песчаные ноздреватые породы, твердые трещиноватые породы и т. п.

По достижении скважиной водоносной породы определяется технология добуривания водоносного пласта (т. е. насколько можно углубиться в породу при данном положении обсадных труб). По окончании бурения и уточнения мощности водоносного пласта, в соответствии с крупностью частиц водоносной породы, уточняют тип и конструкцию фильтра, изготавливают (или применяют) промышленный образец и спускают фильтр на забой.

Спуск фильтра производится с таким расчетом, чтобы вся рабочая часть его оставалась обнаженной, а в обсадных трубах находился лишь сальниковый патрубок. При этом следует исходить из того, что чем длиннее фильтр, тем больше воды может дать скважина.

При временной эксплуатации фильтра или исследовании вскрытого водоносного горизонта закрепляют обсадные трубы. Закрепление состоит в подвешивании их над устьем скважины с помощью железных хомутов. В тех случаях, когда хомуты приходится устанавливать не под муфтой (часть трубы с муфтой отрезана), верхний край трубы расширяют ударами молота, придавая ему форму раструба. Затем приступают к пробной откачке, обычно производимой штанговым насосом и реже каким-либо другим водоподъемником.

Перед монтажом любого водоподъемника следует проверить глубину статического уровня и всей скважины до забоя (при необходимости забой очищают

желонкой). Измерение указанного уровня производится тонким навощённым шпагатом с подвешенной к нему хлопушкой, рис. 33. Замеры рекомендуется производить не только до начала и по окончании откачки, но и в процессе ее.

После установки в скважину трубы водоподъемника в малый зазор между наружными его стенками и стенками скважины уже нельзя спустить какой-либо измерительный прибор. Поэтому для наблюдений за понижением уровня воды в неглубоких скважинах во время откачки и для определения уровня в момент прекращения откачки приемную трубу насоса опускают под воду на такую глубину, чтобы насос начинал засасывать воздух после непродолжительной работы. Глубина погружения приемного клапана насоса ниже статического уровня, при которой наблюдается незначительное подсосывание воздуха, примерно соответствует величине понижения уровня при откачке.

При глубоких уровнях применяют более совершенный способ замера уровня с использованием пневмоустройства с переносным компрессором МК-7. При вытеснении столба воды из трубы, опущенной ниже динамического уровня, показания манометра соответствуют высоте столба воды, вытесненному из трубы. Применяют электрические уровнемеры КЛ-010-50 (100) и др.

Установка фильтра и откачка при сооружении эксплуатационных скважин являются очень ответственными операциями. Неправильный подбор сетки или неправильная засыпка могут привести к значительному уменьшению их производительности. При неправильном выборе сетки или размеров частиц засыпки в фильтр будет попадать большое количество породы. Неправильное проведение откачки может испортить даже хороший фильтр.

Основным назначением откачки является очистка водоносной породы в окоскважинном пространстве от ила и мелких частиц, а также образование естественного фильтра из породы, окружающей фильтр, и уточнение параметров водоносности пласта.

В песчаных породах откачку начинают с малым расходом воды, постепенно повышая расход к концу ее. Малому расходу воды соответствуют и малые скорости ее течения (как в фильтре, так и в окружающей его породе). Такие скорости приводят в движение частицы породы лишь самых малых размеров. Вынос ила и подобных ему частиц из породы вблизи фильтра повышает ее пропускную способность. Постепенное увеличение расхода воды во время откачки соответственно увеличивает зону очищения породы от мелких частиц и ила. Правильное проведение откачки способствует образованию естественного фильтра в породе, окружающей скважину, и предохраняет сетку фильтра от заклинивания в ней частиц, а в гравийных и песчаных фильтрах препятствует заполнению промежутков между частицами засыпки более мелкой породой.

При песчаном водоносном горизонте откачка скважины с первого же момента на максимальную производительность может в течение нескольких часов привести фильтр в полную негодность.



Рис. 33. Хлопушка для измерения глубины уровня воды в скважине

Откачка дает лучшие результаты, если через каждые 20...30 минут останавливать на 5...10 минут. Почти всегда после такой остановки вновь начинает поступать вода с видимой примесью ила. Поступление на поверхность при таких остановках совершенно чистой воды указывает на правильность проведения откачки.

Практика показывает, что максимальную производительность пробной откачки желательно доводить примерно до полуторной намечаемой эксплуатационной производительности скважины. Такая откачка вполне гарантирует надежность работы фильтра после установки эксплуатационного оборудования.

Зная продолжительность работы насоса, количество полученной за это время воды и глубины погружения конца приемной трубы под воду, можно подсчитать расход воды на 1 м понижения ее уровня в скважине.

Продолжительность пробной откачки зависит от состава водоносных пород: чем крупнее частицы водоносных песков, тем меньше времени требуется для «обеспескования» околофильтровой зоны. Откачка из трещиноватых пород может быть закончена через несколько часов. На откачку же из мелкозернистых песков обычно затрачивается несколько смен, ибо в этих случаях ее, как указывалось, начинают с минимального расхода с постепенным доведением его до максимального.

После полного осветления воды, достигнутого при помощи откачки с перебивками и при неизменном уровне и дебите, пробную откачку следует продолжать непрерывно от 3 до 5...6 смен (т. е. от 24 до 40...48 ч). При этом, чем водообильнее эксплуатируемая порода и меньше понижение уровня воды при откачке, тем меньше может быть ее продолжительность.

Замеры уровня в начале откачки делают через 20...30 минут, а затем не реже чем через час. Количество получаемой из скважины воды (расход) измеряют при помощи сосуда известного объема (бочки, бака).

Во время откачки (после осветления воды) обязательно берётся проба для химико-бактериологического анализа.

7.2. ВОДОПОДЪЕМНИКИ

Диапазон применяемых водоподъемных средств достаточно широк. Применяют поверхностные и погружные (глубинные артезианские) центробежные насосы, эрлифты, водоструйные и штанговые погружные насосы. Для откачек воды применяются водоподъемники следующих типов.

1- насосы и двигатели, устанавливаемые вне самой скважины (обычно поршневые и центробежные).

2- насосы, устанавливаемые внутри скважины с двигателями на поверхности (штанговые насосы, эрлифты).

3-насосы и двигатели, устанавливаемые внутри скважины (электроцентробежные и винтовые погружные насосы).

Основным определяющим фактором выбора насосов является положение динамического уровня в скважине, и по этому признаку насосы делят на на-

сосы для неглубоких динамических уровней (насосы 1-го типа) и насосы для глубоких динамических уровней (насосы 2-го и 3-го типа).

Штанговый насос, рис.34, для пробной откачки состоит из всасывающей трубы с клапаном, насосного цилиндра с приемным клапаном и поршня со штоком, а также комплекта водоподъемных труб и штанг. Верхний конец водоподъемных труб имеет тройник с отводом и патрубком. Штанги нижним концом соединяются со штоком поршня, а верхним - при помощи штока с балансиром или с другим наземным механизмом.

Откачку можно вести и без водоподъемных труб - непосредственно из колонны обсадных труб. В этом случае используется специальный двух - вороночный поршень, нижняя воронка которого при помощи штанг устанавливается на забой (или в фильтр), а шток верхней воронки соединяется со штангами и через них с балансиром или другим механизмом. Выбор подъемника зависит прежде всего от глубины уровня воды в скважине, расхода воды в ней, диаметра рабочей колонны, а также от имеющегося технического оборудования.

На мелких скважинах устанавливают насосы двух типов:

1-го типа - работающие на поверхности земли;

2-го типа - работающие внутри скважины и имеющие на поверхности земли лишь двигатели и приводные механизмы (лебёдки, трансмиссии).

Насосы 1 типа могут обслуживать скважины с неглубоким динамическим уровнем - до 7 м. К ним относятся горизонтальные центробежные насосы, поршневые всасывающие насосы с производительностью от 15 до 30 л/мин, поршневые мелководные насосы, в т.ч. ручные, рис. 35, производительностью от 15 до 100 л/мин и высотой напора до 30 м и др.

Насосы 2 типа обслуживают скважины с более глубоким динамическим уровнем. Они могут быть как с ручным, так и с механическим двигателем. Производительность поршневых насосов зависит от диаметра цилиндра, хода поршня и числа ходов (30 ...45 мин⁻¹ для насосов с подачей на 10...15 м).

На мелководных скважинах индивидуального водоснабжения, количество которых резко возросло, используют современные и устаревшие, но надёжные конструкции водоподъемников с ручным приводом (при отсутствии электроснабжения) - насосы НР-3М, Гарда и др.

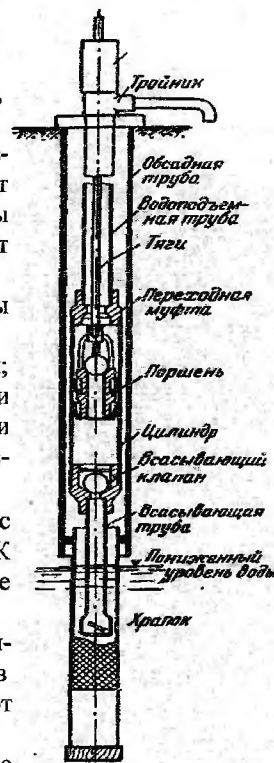


Рис. 34. Схема устройства штангового насоса

Исторически известную ручную водоподъемную лебедку, рис. 36, с одним или двумя маховиками, контргрузом и зубчатой передачей можно применять для подъема воды на 20...40 м.

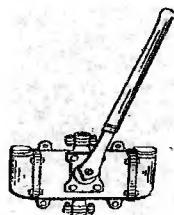


Рис. 35. Поверхностный поршневой насос

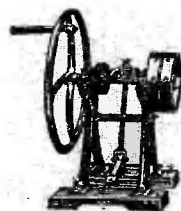


Рис. 36. Ручная водоподъемная лебедка с маховиком и шкивом

Современная промышленность располагает широким ассортиментом отечественных и зарубежных водоподъемников (насосы 1 типа) с электроприводом. Гном, WILOLG (Корея), GRUNDFOS (Германия), ESPA (Испания) и др., а также мотопомпы — SDMO и ESPA с двигателями Honda и др.

При глубоких динамических уровнях (100 и более м) используют механические водоподъемные лебедки ВЛЗМ, Бурвод-III-A и др.

7.3. МОНТАЖ ОГОЛОВКА СКВАЖИНЫ И НАСОСОВ

Во избежание загрязнения скважины до монтажа насосного оборудования устье ее изолируют от дождевых и других поверхностных вод. Для этого устье заполняют мягкой жирной глиной или делают вокруг трубы бетонную подушку.

В тех же целях устье скважины (верхний конец обсадных труб) располагают на высоте 0,4...0,5 м над поверхностью земли. Для предотвращения оседания труб у устья рабочей колонны закрепляется металлический хомут.

Герметизация устья скважины достигается с помощью фланцев. Один фланцев укрепляется сваркой или посадкой в горячем состоянии на обсадной трубе, другой укрепляется на трубе насоса. Между фланцами закладывается резиновая прокладка, затем оба фланца через просверленные в них отверстия стягиваются болтами.

Соединения всасывающих линий поверхностных насосов (1 типа) не должны пропускать воздух. Приемный клапан не должен пропускать воду при заливке насоса. Только при этих условиях насосы будут работать исправно. Поэтому плотность соединений всасывающих труб и клапанов насоса необходимо проверять до опускания их в скважину.

Колонковый поршневой насос устанавливают непосредственно на скважине, укрепляют на обрезе обсадной трубы или на бетонной тумбе.

Ручные насосы укрепляют на специальных стойках или щите. Центробежные насосы монтируют на фундаменте.

Во всех случаях приемный клапан насосов должен находиться ниже динамического уровня не менее, чем на 0,5 м. Центробежные насосы перед пуском обязательно заливают водой.

7.4. РАБОТА ШТАНГОВЫХ НАСОСОВ ПРОСТОГО ДЕЙСТВИЯ

Насосы этого типа состоят из четырех основных частей:

- а) насосного цилиндра;
- б) колонны водоподъемных труб;
- в) комплекта штанг;
- г) наземного ручного или машинного приводного механизма.

Штанговый насос простого действия, рис. 37, работает следующим образом. Насосный цилиндр 1 опускается в скважину на колонне водоподъемных труб 2, укрепляемых у устья скважины с помощью железных хомутов 3 или опирающихся на специальный фланец. Цилиндр погружается в воду ниже динамического уровня воды, соответствующего требуемому дебиту, так, чтобы нижний всасывающий клапан 9 (в виде диска или шарика) не обнажался при откачке. На верхнем конце водоподъемных труб укрепляется сальник 4.

После спуска цилиндра на требуемую глубину на штангах 6 опускается поршень 5 с таким расчетом, чтобы он не доходил до нижнего клапана цилиндра на 50...60 мм. Штанги наверху присоединяются к штоку 7, проходящему сквозь сальник и связанному шарнирно с балансирам 8 (или шатуном верхнего приводного механизма).

Поршень представляет собой толстостенный цилиндр с каналом в середине, закрываемым сверху дисковым или шариковым клапаном 10. На наружной поверхности поршня укрепляется кожаная или резиновая манжета.

Если поршень с помощью штанг привести в движение, то при движении вниз он будет пропускать вверх находящуюся под ним воду через поршневой канал (всасывающий клапан закрыт, поршневой открыт).

При движении поршня вверх он поднимает всю находящуюся над ним воду, а в пространстве под поршнем, вследствие разрежения, будет поступать вода из скважины (поршневой клапан закрыт, всасывающий открыт).

Насосы этого типа применяют также и для подъема воды из обычных срубных колодцев.

В этих случаях возможно использование пластиковых штанг.

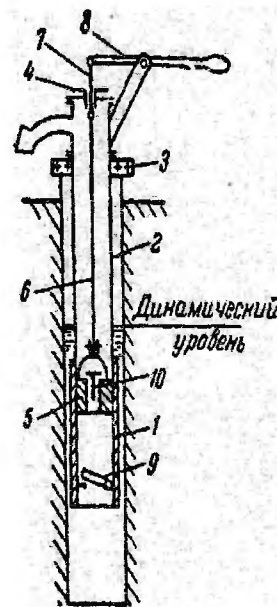


Рис. 37. Схема работы штангового насоса



Рис. 38. Сальниковая переходная коробка

Так как штанговые насосы монтируют непосредственно на скважину, верхнюю часть насосного цилиндра соединяют водоподъемными трубами, диаметром несколько больше диаметра поршня, что обеспечивает при необходимости беспрепятственное извлечение через них поршня. Водоподъемные трубы крепят к сальниковой переходной коробке с полноразмерным штоком *a*, рис. 38, при помощи резьбы. Для облегчения нагрузки на резьбу их дополнительно подвешивают к обрезу обсадных труб с помощью хомута 3 (см. рис. 37).

Поддерживающие поршень штанги изготавливаются из стальных труб диаметром $1\frac{1}{4}$ – $1\frac{1}{2}$ ", соединяемых между собой толстостенными муфтами (между концами штанг в муфте остается промежуток в 5 мм). Для предотвращения возможного изгиба штанг и протирания ими стенок водоподъемных труб на них через каждые 10...12 м устанавливаются направляющие ролики. Вместо роликов можно применять удлиненные бронзовые муфты, соединяющие штанги.

Соединенный с верхним концом насосных штанг шток шарнирно связан с траверсой насосной лебедки, которой и приводится в движение. Шток проходит в сальниковой коробке сквозь так называемую грундебуксу (втулку с фланцем) и сальник. Нажим буксы на сальник уплотняет набивку вокруг штока, что изолирует полость сальниковой коробки.

Перед пуском приводного штангового насоса его проворачивают на полный оборот и только после этого включают двигатель. Заливка штангового насоса перед пуском водой не требуется. Штанги, поршень, клапаны и манжеты насоса нуждаются в систематических осмотрах. При износе этих частей их ремонтируют или заменяют.

Режим работы штанговых насосов устанавливают в зависимости от глубины динамического уровня воды в скважине.

Для неглубоких скважин величина хода поршня обычно принимается равной 250...350 мм при 35...40 двойных ходах в минуту. Для более глубоких скважин (40...50 м) ход поршня доводят до 400–600 мм, а число двойных ходов снижают до 30. Насосы, качающие жидкость с глубоких уровней, имеют ход до 1500 мм, а число двойных ходов не свыше 10...20 в минуту.

Ход поршня с увеличением глубины скважины необходимо увеличивать потому, что при малом ходе поршня резко снижается коэффициент наполнения насоса вследствие значительного удлинения колонны штанг.

Мощность двигателя, необходимая для привода штангового насоса, может быть приближенно определена по формуле

$$N = QH \gamma_{ж} / 75 \eta_1 \eta_2 \quad (7.1)$$

где: *H* – высота подъема жидкости, м; *Q* – производительность насоса в л/сек; $\gamma_{ж}$ – удельный вес жидкости; η_1 – к.п.д. самого штангового насоса (при неуравновешенных системах $\eta_1 = 0,3$ – $0,4$; при уравновешенных $\eta_1 = 0,6$); η_2 – к.п.д. передач от двигателя до точки привеса штанг ($\eta_2 = 0,85$ – $0,75$).

7.5. РАБОТА ШТАНГОВЫХ НАСОСОВ ДВОЙНОГО ДЕЙСТВИЯ

Штанговые насосы двойного действия применяются двух типов: 1) с двумя колоннами штанг и 2) с одной колонной штанг.

Рассмотрим устройство насосных цилиндров с одной колонной штанг, действующих по следующей схеме, рис. 39.

Насосный цилиндр 1, прикрепленный к подвесным трубам 2, имеет в нижней части всасывающие клапаны 3. В цилиндре ходит поршень 4 сложной конструкции. Этот поршень имеет два проходных отверстия. Одно проходное отверстие, связанное с нижним полым всасывающим штоком 5, перекрывается клапанами 6. Вторым проходным отверстием являются каналы 7, соединяющие нижнюю полость насосного цилиндра с полым штоком 8. В верхней части штока 8 имеется нагнетательный клапан 9, над которым в штоке сделаны выводные отверстия 10. В верхней части насосного цилиндра поставлены клапаны 11.

Оба штока 5 и 8 двигаются в сальниковых уплотнениях 12. Шток 8 присоединяется к штангам 13, при помощи которых поршень 4 приводится в возвратно-поступательное движение.

Насосный цилиндр должен быть погружен в откачиваемую жидкость. При ходе поршня вверх происходит нагнетание жидкости, заполняющей верхнюю полость цилиндра, и засасывание жидкости в нижнюю полость через клапаны 3. При ходе поршня вниз происходит нагнетание жидкости через шток 8 из нижней полости цилиндра и всасывание жидкости через шток 5 и клапаны 6 в верхнюю полость.

Обозначим: *F* – площадь сечения цилиндра; *f_ш* – площадь сечения штока (по наружному диаметру); *f* – площадь сечения штанг; (*F* – *f_ш*) – полезная площадь поршня; *S* – ход поршня и *S₁* – противовеса; *p* – масса столба поднимаемой жидкости; *q* – масса колонны штанг; *c* и *a* – плечи противовеса и качалки.

Объем жидкости, подаваемой при ходе поршня вверх, равен (*F* – *f_ш*) *S* и объем жидкости, подаваемой при ходе поршня вниз, также равен (*F* – *f_ш*) *S*. Следовательно, объем жидкости, подаваемой за один оборот кривошипно-качалки (за один двойной ход),

$$V = 2(F - f_{ш}) S \quad (7.2)$$

При отсутствии противовеса при ходе поршня вверх совершается работа на подъем воды и штанг

$$R = pS + qS \quad (7.3)$$

и при ходе поршня вниз

$$R' = pS - qS \quad (7.4)$$

Полезная работа за один двойной ход

$$R_0 = R + R' = 2pS \quad (7.5)$$

Если на балансирующей качалке имеется противовес, то:

а) работа противовеса $R_n = GS_1 = GS(c/a)$; (7.6)

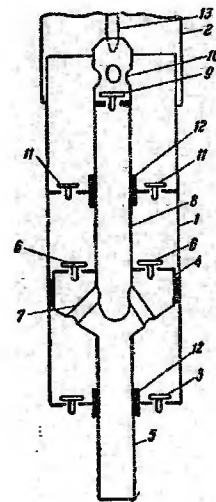


Рис. 39. Штанговый насос двойного действия

- б) работа насоса при ходе вверх: $R = pS + qS - GS (c/a)$; (7.7)
 в) работа насоса при ходе вниз: $R' = pS - qS + GS (c/a)$; (7.8)
 в этих выражениях G - масса груза противовеса.

Для того чтобы работа двигателя была одинаковой, как при ходе вверх, и при ходе вниз, необходимо соблюдать равенство:

$$pS + qS - GS (c/a) = pS - qS + GS (c/a), \quad (7.9) \text{ откуда}$$

$$G = q(a/c). \quad (7.10)$$

Насос двойного действия обладает по сравнению со штанговыми насосами простого действия почти в 2 раза большей производительностью, более равномерной подачей жидкости и меньшей неуравновешенностью системы.

Штанги насоса двойного действия при опускании работают на сжатие. Избежание их прогиба на штангах ставят направляющие ролики.

7.6. ПРИВОД ШТАНГОВОГО НАСОСА, АГРЕГАТ - КАЧАЛКА НК-2А

Насосная качалка НК-2А, рис.40, применяется для проведения работ по откачке в скважинах штанговыми насосами простого и двойного действия, а также спуско-подъемных операций.

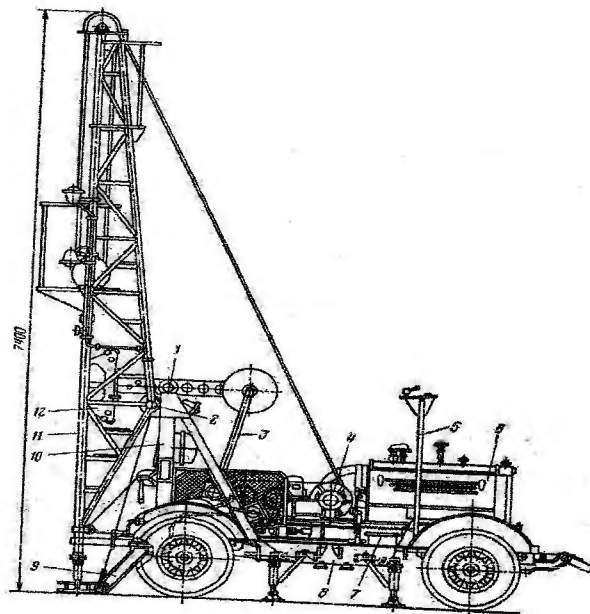


Рис. 40. Буровой агрегат-качалка НК-2А

В состав качалки НК-2А входят следующие основные части: 1-ось балансира; 2- шарнир маты; 3- шатун; 4- лебедка; 5- упорная стойка; 6- дизель; 7- бак; 8- тяга; 9- упор; 10-рама; 11- мачта; 12- противовес.

Техническая характеристика НК-2А

Максимальная глубина откачки, м	150
Допустимая нагрузка на зажимы подвески штанг, кН:	
динамическая	32
статическая	21
Диаметр штангового насоса, мм	76, 101, 152
Подача воды штанговым насосом, м ³ /ч:	
простого действия	4, 8, 16
двойного действия	15, 30
Длина хода поршня, мм	600, 400, 200
Число двойных ходов в 1 мин	26-38
Грузоподъемность, кг:	
барабана лебедки	1500
талевой системы	5000
Канатоёмкость барабана, м	140
Скорость навивки каната на барабан, м/с	1,2
Высота мачты до оси кронблока, м	7,2
Мощность привода (Дизель Д-40Л), кВт	29,5
Габариты агрегата в транспортном положении, мм:	
длина	7630
ширина	2190
высота	3300
Масса агрегата, кг	7100

7.7. ПОГРУЖНЫЕ АРТЕЗИАНСКИЕ НАСОСЫ

Для откачки подземных вод с динамическими уровнями более 6 м применяют артезианские погружные центробежные насосы с электродвигателями. Насосы пригодны только для откачки осветлённой воды. Наиболее распространёнными являются артезианские погружные насосы типа ЭЦВ. Основные технические данные этих насосов приведены в табл.21.

Надёжностью в эксплуатации отличаются насосы ЭПН. Их 8-и размерный ряд представлен диаметрами 142, 186 и 234 мм; подачей 10,16,40,63 и 120 м³/ч и напором 80,110,50,75,110,30,110 и 115 м, соответственно.

Для откачки пескующих вод из водоносных пластов применяют погружные плунжерные насосы типа НПВ с приводом от наземных насосов типа НБ или специальный насос НПП (разр. ТулНИГПИ). Размерный ряд насосов представлен диаметрами 73, 89 и 108 мм и подачей, соответственно, 50-65, 65-100 и 100-150 л/мин. Основное преимущество этих насосов – применение в скважинах малого диаметра и использование при отсутствии электроэнергии (при бурении самоходками). Выпускавшиеся ранее артезианские насосы АТН требовали соблюдения прямолинейности трансмиссионного вала в пределах 0,5 % от глубины скважины. В настоящее время рынок предлагает довольно широкий спектр российского и зарубежного водоподъемного оборудования (АПВ, ПМН, АПТ и др.), подобрать которые можно по специальным справочникам. Из зарубежных насосов распространены 3-5" погружные насосы WILO и GRUNDFOS (Германия): SP (например, SP8a-18 мощностью 3 кВт с напором 150 м вод. ст. и подачей до 18 м³/ч и др.), SQ (напор до 200 м и подачей до 10 м³/ч, N 2...3 кВт и др.), MP1; Pedrollo и DAB (Италия); NEPTUN (Испания) и др.

Таблица 21. Технические данные насосов типа ЭЦВ

Марка насоса	Подача воды, м ³ /ч	Напор.м. вод. ст.	Привод			Поперечный размер, мм
			Мощность кВт	Напря- жение, В	Частота вращения, мин ⁻¹	
ЭЦВ-5-6,3-80	6,3	80	2,8	380	2860	114
ЭЦВ-6-4-130	4,0	130	2,8	380	2850	142
ЭЦВ-6-4-190	4,0	190	4,5	380	2850	142
ЭЦВ-6-10-80	10	80	4,5	380	2850	142
ЭЦВ-6-16-75	16	75	5,5	380	2850	142
ЭЦВ-8-25-150	25	150	16	380	2865	186
ЭЦВ-10-63-65	63	65	22	380	2920	234
ЭЦВ-12-160-65	160	65	45	380	2920	281
ЭЦВ-14-120-540	210	300	250	380	2950	328

7.8. ЭРЛИФТЫ (ВОЗДУШНЫЕ НАСОСЫ)

Эрлифты – одна из наиболее эффективных и надёжных систем водоподъёма при откачках из скважины. Эрлифты более эффективны при длительных откачках. Без остановки и ремонта они способны поднимать значительное количество воды на высоту до 60-80 м и более. Подъём воды производится воздухом, нагнетаемым в воду по воздухопроводной колонне труб при помощи компрессора. Эмульсия из смеси воды и воздуха меньшей по сравнению с водой плотности поднимается по водоподъёмной колонне. Преимущество эрлифта заключается и в том, что он может качать мутную воду. Параметры эрлифта зависят от ряда факторов и ориентировочно для разных динамических уровней и подач их можно подобрать по данным табл. 22.

Таблица 22. Ориентировочные данные для расчёта эрлифтов

Глубина динамического уровня от устья скважины, м	Подача эрлифта, м ³ /ч	Диаметр скважины в месте устройства смесителя, мм	Глубина погружения смесителя от устья скважины, м	Давление воздуха, МПа	Диаметр труб, мм		Тип компрессора	Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	Общая масса установок (без труб), кг
					Для скважины	Для смеси			
30	20	125	75	0,7	32	75	ПКУ	1,2	570
45	40	125	115	0,6	32	75	ВК	3,0	1000
50	40	125	125	0,7	32	75	ПКС-3	3,0	1650
50	40	125	125	0,7	32	75	ПС	3,0	600
60	66	125	150	0,7	32	75	ЗИФ-ВКС	5,0	3000
60	56	125	150	0,45	32	75	КС-5	4,5	3000
60	73	150	150	0,6	32	100	ВКС-6Д	5,5	4500
70	75	150	175	0,7	32	100	ПКС-6	6,0	2800
70	87	200	175	0,7	50	125	ЗИФ-ВКС-6	7,0	3600
70	12	200	175	0,7	50	125	ЗИФ-ВКС-10	10,0	4650
70	77	200	175	0,68	50	125	КС-6	6,5	4400
70	11	200	175	0,6	50	125	КС-9	9,0	6100
300	30	150	750	8,0	37	100	УПК-80	8,0	7000

Применяются следующие системы расположения воздухоподводящих и водоподающих труб. Концентрическая – с центральным подводом воздуха и с центральной водоподающей трубой, и эксцентричная – с параллельным расположением труб.

Простейшая схема эрлифта показана на рис. 41. В скважину с уровнем жидкости от поверхности H спущена водоподающая колонна труб 1 . В эту колонну спущена воздухоподводящая колонна 2 , которая на расстоянии $1,5...2$ м от нижнего конца имеет просверленные отверстия. Число отверстий подбирается с таким расчетом, чтобы суммарное проходное сечение этих отверстий было в $1,5...2$ раза больше сечения воздухоподводящей колонны. Эта нижняя сверленная часть воздухопровода называется смесителем.

Обе колонны труб удерживаются хомутами. Устье скважины во избежание его засорения закрывается крышкой.

Если смеситель погрузить в жидкость на глубину H и через колонну 2 подавать компрессором сжатый воздух, то последний будет попадать через смеситель в колонну 1 и кольцевой столб жидкости, заключенный между трубами 1 и 2 , начнет насыщаться пузырьками воздуха. Полученная смесь будет иметь меньший удельный вес, чем жидкость в скважине.

Схема эрлифта представляет два сообщающихся концентрически расположенных сосуда. Как известно, уровни жидкостей в сообщающихся сосудах устанавливаются обратно пропорционально удельным весам жидкостей. Вследствие этого уровень смеси в колонне 1 будет повышаться.

Чем больше будет введено воздуха в трубу 1 , тем легче будет смесь и тем выше будет подниматься ее уровень. При определённом насыщении смеси воздухом уровень ее поднимется до верхнего конца трубы 1 и она начнет изливаться из скважины.

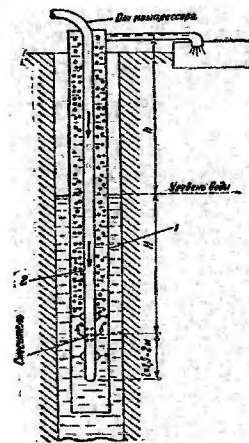


Рис. 41. Схема эрлифта с центральной воздушной трубой

Подъёму смеси помогает также эжекция и движение поднимающихся и постепенно расширяющихся пузырьков сжатого воздуха. При эрлифте скорость входа воды в смеситель v_1 принимается равной $2...3$ м/с; скорость излива v_0 – в пределах $6...12$ м/с; скорость движения воздуха в воздухоподводящей трубе – 10 м/с.

Для расчета эрлифта определяют глубину погружения смесителя, давление воздуха, расход воздуха и размер воздухоподающих и водоподающих труб.

Глубина погружения смесителя зависит от динамического уровня и определяется отношением:

$$K = H/h, \quad (7.11)$$

где H – глубина погружения смесителя, м; h – динамический уровень, м.

Чем больше K , тем меньше расход воздуха на 1 м³ жидкости. В то же время чем больше K , тем глубже надо погружать смеситель и тем больше необходи-

мо сжать воздух, чтобы преодолеть гидростатическое давление столба жидкости высотой H . Поэтому, исходя из экономических соображений, с увеличением глубины динамического уровня значения k уменьшаются. Ориентировочные значения K , определенные опытным путем, приведены в табл. 23.

При опытных откачках иногда приходится брать меньшие значения вследствие чего расход воздуха возрастает.

Таблица 23. Значения коэф. глубины погружения смесителя

H	8	15	25	30	40	50	60
$K=H/h$	2,6	2,3	1,8	1,6	1,4	1,35	1,25

Если плотность жидкости $\gamma_{ж}$, кг/м³, то давление воздуха, МПа, должно быть равно:

$$p = 10^{-1} H \gamma_{ж} + \Delta p \quad (7.12)$$

где Δp - потери давления в воздухопроводе, которые обычно должны быть не более 0,05-0,08 МПа.

Расход воздуха при работе эрлифта можно определить так. Обозначим:

Q - потребный расход жидкости в единицу времени, м³;

$G = Q \gamma_{ж}$, - вес удельного расхода жидкости, даН;

h_0 - высота подъема жидкости от нижнего (динамического) уровня до уровня излива, м;

H - глубина погружения смесителя, м;

p_1 - давление воздуха при выходе из отверстий смесителя, Па;

p_0 - давление воздуха при изливе, Па;

U_0 - объем воздуха, приведенный к давлению 0,1 МПа, который необходим для подъема 1 м³ жидкости.

Работа воздуха при изотермическом расширении определяется формулой

$$R = 10 U_0 p_0 \ln p_1 / p_0 \quad (7.13)$$

Эта работа затрачивается на подъем жидкости на высоту h_0 и на преодоление различных сопротивлений.

Обозначим напор, необходимый для преодоления различных сопротивлений, через h_i . Работа, необходимая для подъема жидкости на высоту h_0 , будет $G h_0$, Н·м, а работа, затрачиваемая на преодоление сопротивлений - $G h_i$, Н·м.

Следовательно, работа в целом, Н·м (Дж), составит

$$U_0 p_0 \ln (p_1 / p_0) = G(h_0 + h_i) = G k h_0, \quad (7.14)$$

где k - коэффициент, учитывающий потери напора на преодоление различных сопротивлений. Тогда

$$U_0 = G k h_0 / p_0 \ln (p_1 / p_0). \quad (7.15)$$

Давление воздуха при изливе воды может быть принято равным 10^5 Па. Тогда

$$p_1 / p_0 = (H \gamma_{ж} + p_0) / p_0 = (10^4 H + 10^5) / 10^5 = (H + 10) / 10, \quad (7.16)$$

следовательно:

$$\ln p_1 / p_0 = \ln (H + 10) / 10 = 2,3 \lg (H + 10) / 10. \quad (7.17)$$

Подставив в формулу (7.15), полученное значение $\ln p_1 / p_0$, и принимая для воды $G = 10^3 \text{ даН}$ (10^4 Н), получим:

$$U_0 = 10^4 k h_0 / 10^5 \times 2,3 \lg (H + 10) / 10 = k h_0 / 23 \lg (H + 10) / 10, \text{ м}^3. \quad (7.18)$$

Значение коэффициента определяется эмпирической зависимостью:

$$k = 2,17 + 0,0164 h_0. \quad (7.19)$$

Для нормальной работы эрлифта необходимо устанавливать скорости движения смеси, указанные выше. По скорости движения смеси можно определить размеры труб эрлифта. Примем q , q_1 и q_0 расход воды, сжатого и свободного воздуха, м³/с, соответственно; ω_1 и ω_0 сечение водоподводящей трубы у смесителя и излива, м². Тогда

$$q_1 = (p_0 / p_1) q_0; \quad (7.20)$$

$$\omega_1 = (q + q_1) v_1; \quad (7.21)$$

$$\omega_0 = (q + q_0) / v_0. \quad (7.22)$$

Диаметр труб выбирают по наибольшему сечению водоподводящей трубы, ω . Внутренний диаметр водоподъемных труб при эксцентричной системе:

$$D = \sqrt{4\omega / \pi}; \quad (7.23)$$

при эксцентричной с центральным подводом сжатого воздуха

$$D = \sqrt{1,3 \omega + d^2}. \quad (7.24)$$

Высоту подъема воды в м, в зависимости от отношения глубины погружения смесителя к высоте подъема можно принять по данным табл. 24.

Таблица 24. Отношение глубины смесителя к высоте подъема воды

h_0	10	20	30	40	50	60	70	80
H/h_0	3,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,17	1,14	1,0

Ориентировочно определить расход свободного воздуха для эрлифта можно по табл. 25 из соотношения количества свободного воздуха к объему поднимаемой воды в зависимости от высоты подъема. При этом учитывается, что смеситель опущен на надлежащую глубину.

Таблица 25. Определение количества воздуха

h_0	10	30	50	70	100	120	150	200
U_0 / Q	2,0	4,0	6,0	8,0	12,5	16,0	20,0	30,0

7.9. СМЕСИТЕЛЬНЫЕ НАКОНЕЧНИКИ

Наиболее простой смеситель, применяемый при эксцентричной системе труб, изображен на рис. 42. Этот смеситель изготавливают из стандартной стальной трубы 1 длиной 2...2,5 м.

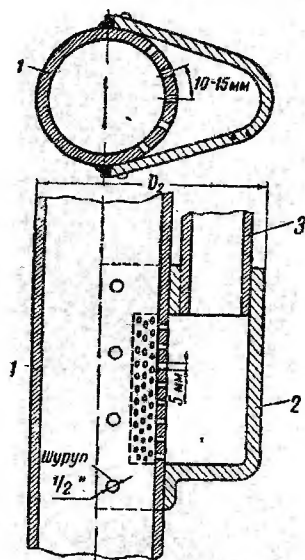


Рис. 42. Смеситель при эксцентричной системе эрлифта

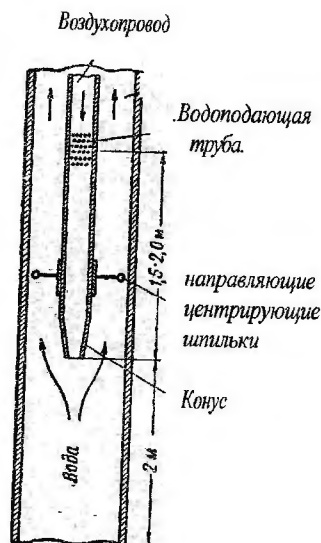


Рис. 43. Смеситель при концентричной системе эрлифта при подаче воздуха по центральной трубе

На расстоянии 1,5...2 м от нижнего конца на одной стороне этой трубы просверливают отверстия диаметром 5 мм. Верхний конец трубы снабжается муфтой для соединения с водоподающей колонной. Перфорированный участок трубы перекрывают коробкой 2 (чугунной, бронзовой или железной), укрепляемой на трубе сваркой (автогенной или электрической). На верхней части коробки имеется отверстие с резьбой для соединения с воздухоподводящей трубой 3.

Наиболее простой смеситель, применяемый при концентрической системе в случае подвода воздуха по центральной трубе, изображен на рис. 43. Этот смеситель также изготовляют из обыкновенной газовой трубы длиной 2,0...2,5 м. На верхнем конце смесителя имеется муфта для соединения с воздухопроводом. Нижний конец его делают коническим: в этом месте к трубе прикрепляют три направляющие шпильки. На расстоянии 1,5...2 м от нижнего конца высверливают отверстия.

Пример расчёта эрлифта. Определить удельный расход и давление воздуха, а также размер водоподъемных труб нагнетательного эрлифта при высоте подъёма 20 м и часовом расходе жидкости 100 м³/час. Система эрлифта эксцентричная.

Решение. В соответствии с таблицей 24, выбираем глубину погружения $H = 36$ м. Таким образом, давление сжатого воздуха должно быть не менее $0,36$ МПа ($3,6$ кг/см²). Компрессор должен подавать воздух под давления $0,36 + \Delta p$ МПа (Δp – давление, необходимое для преодоления сопротивления при проходе воздуха через воздухопровод). Обычно, Δp составляет около $0,05$ МПа. Тогда полное давление $p_1 = 0,41$ МПа ($4,1$ кг/см²). По формуле (7.18) удельный расход воздуха

$$U_0 = kh_0/23 \lg(H+10)/10 = 2,5 \cdot 20/23 \cdot \lg 4,6 = 3,5 \text{ м}^3,$$

где

$$k = 2,17 + 0,0164 \cdot 20 = 2,17 + 0,33 = 2,5.$$

Для подъема $100 \text{ м}^3/\text{час}$ воды потребуется $350 \text{ м}^3/\text{час}$ воздуха, что составит в секунду $0,1 \text{ м}^3 (\sim 6 \text{ м}^3/\text{мин})$.

Расход в секунду воздуха и воды $q_0 + q = 0,1 + 0,03 = 0,13 \text{ м}^3$.

Принимая скорость движения смеси у излива, равной 9 м/с, получим площадь сечения водоподъемной трубы

$$\omega = (q_0 + q)/v_0 = 0,13/9 = 0,0144 \text{ M}^2 = 1,44 \partial \text{ M}^2.$$

Согласно формуле (7.20) внутренний диаметр водоподъемных труб

$$D = \sqrt{4\omega/\pi} = \sqrt{4 \cdot 1,44/3,14} = 1,36 \text{ м.}$$

Выбираем трубы 146/136 мм с шипельными соединениями.

Диаметр воздухопроводных труб выбираем из расчета скорости движения сжатого воздуха 10 м/с . Расход воздуха, приведенного к $0,1 \text{ МПа}$, $q_0 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с} = 100 \text{ л/с}$. Рабочий расход сжатого воздуха

$$q_1 = q_0(p_0/p_1) = 100(1/4, 1+1) = 20 \text{ л/с.}$$

Сечение воздухопровода

$$f = q_1 / v_1 = 20 / 100 = 0,2 \text{ } \partial M^2$$

Диаметр воздухоподающих труб

$$d = \sqrt{4f/\pi} = \sqrt{4 \cdot 0,2/3,14} = 0,5 \text{ м.}$$

Выбираем трубы 57/49 мм.

7.10. ВАКУУМ - НАГНЕТАТЕЛЬНЫЙ ЭРЛИФТ

Описанная выше система нагнетательного эрлифта благодаря своей простоте получила большое распространение.

Однако эта система имеет ряд существенных недостатков:

- а) низкий к.п.д;
б) необходимость погружения смесителя значительно ниже динамического уровня жидкости;
в) потребность в высоком давлении сжатого воздуха.

в) потребность в высоком давлении сжатого воздуха.

С этой точки зрения вакуум-нагнетательный эрлифт имеет ряд преимуществ:

- а) более высокий к.п.д;
б) меньшую глубину погружения смесителя.

Схема вакуум-нагнетательного эрлифта представлена на рис. 44.

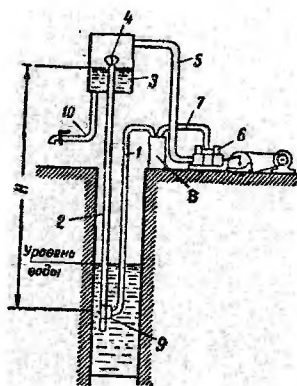


Рис. 44. Схема вакуум-нагнетательного эрлифта

В скважину опущены две колонны труб: воздухоподающая 1 и водоподъемная 2. Верхний конец трубы 2 возвышается над землей и входит в специальный герметичный резервуар 3, называемый воздухоотделителем. На устье трубы ставится отражатель 4.

Выделившийся из смеси воздух засасывается компрессором 6 через всасывающую трубу 5, связывающую верхнюю часть воздухоотделителя 3 со всасывающими клапанами компрессора. Сжатый компрессором воздух поступает нагнетательной трубе 7 через воздухоотделитель и воздухоподающую трубу 1 к смесителю. Вода, освобожденная в резервуаре 3 от воздуха, самотеком попадает в трубопровод 10.

Вакуум-нагнетательный эрлифт благодаря разрежению в воздухоотделителе 3 может работать при значительно меньших погружениях смесителя (т. е. при меньших давлениях воздуха), чем обычный нагнетательный эрлифт. Кроме того, к. п. д. вакуум-нагнетательного эрлифта выше, чем простого нагнетательного эрлифта.

8. ИЗОЛИРОВАНИЕ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ И КРЕПЛЕНИЕ СТЕНОК СКВАЖИН

При бурении гидрогеологических скважин, также как и геологоразведочных, возникает необходимость закрепления стенок ствола и тампонирувания в следующих случаях:

- укрепление неустойчивых горных пород (пески, плавун, галька), в которых стенки скважин обрушиваются;
- предотвращение вывалов трещиноватых пород в скважину;
- ликвидация поглощений промывочной жидкости;
- разобщение водоносных горизонтов;
- изоляция полезного ископаемого от действия пластовых вод;
- герметизация затрубного пространства обсадной колонны;
- ликвидационный тампонаж скважин.

8.1. КРЕПЛЕНИЕ ОБСАДНЫМИ ТРУБАМИ

В песках, мягких глинах, рыхлых суглинках и других малоустойчивых горных породах скважины бурят с креплением обсадными трубами для предотвращения обрушения стенок скважины, вывалов трещиноватой породы; для ликвидации поглощений промывочной жидкости и изоляции водоносных горизонтов; устранения аварийных осложнений с буровым инструментом. В мягких породах трубы часто опускают на забой под действием собственного веса, в частности, при ниппельном соединении или тонкостенных муфтах.

Если трубы самостоятельно не опускаются, их осаживают либо путем вращения деревянными хомутами, либо ударами деревянной «бабой» по верхней муфте или наголовнику.

При обсадке труб всегда следует стремиться врезать каждую колонну в более или менее твердую породу, изолирующую пройденные водоносные горизонты. По окончании бурения в таких породах облегчается спуск, установка и обнажение фильтра.

В тех случаях, когда вода встречена в слоях, вблизи которых отсутствуют водоупорные породы и колонна труб не поддается более осадке, а забой сложен мелким песком, - опускают вторую колонну труб с диаметром на 50 мм меньшим (т. е. в трубы диаметром 6" опускаются трубы диаметром 4", а в трубы 8" - трубы 6").

При недостатке труб или при отсутствии надобности в дальнейшем углублении скважины можно установить фильтр и в мелких песках. Для этого на забой сбрасывают шары из жирной глины и утрамбовывают, после чего фильтр опускают на забой скважины, а обсадные трубы приподнимают для его обнажения.

Если при бурении в песках (но не в плавунках) предстоит переход на следующий (меньший) диаметр с обсадкой трубами соответствующего размера, то предварительно у башмака обсадной колонны также устраивается тампон. Назначение последнего состоит в том, чтобы песок из уже закрепленного пласта не мог проникнуть в зазор между стенками скважины и обсадными трубами.

Для правильного устройства глиняного тампона необходимо соблюдение следующих условий: а) глиняные шары, во избежание образования так называемой «болтушки», следует утрамбовывать 10...15 раз очень сильными ударами желонкой, в башмак которой забита деревянная пробка; б) утрамбовка должна производиться в несколько приемов, причем перед каждым следующим приемом колонну труб немного приподнимают. После того как на забое будет напрессован слой жирной глины толщиной около 1,0...1,5 м, трубы вновь опускают почти на прежнюю глубину, а затем уже в скважину вводят следующую колонну труб меньшего диаметра.

В глинистых и подобных им породах вторую колонну труб опускают без особой подготовки забоя. Вторая колонна, как и первая, должна иметь на нижнем конце стальной башмак или муфту с зубцами. Если по каким-либо причинам опускаемая вторая колонна труб все же окажется прихваченной попавшим сверху в затрубный кольцевой зазор песком, то освободить колонну иногда удается так называемым «раскашиванием», т. е. повторным приподниманием и опусканием второй колонны в первой с одновременным вращением труб или нанесением ударов по ним.

Вторую и последующие колонны опускают не только после полного перекрытия плавунки и устройства у башмака наружной колонны надежного тампона, но также и в том случае, когда породы прихватывают обсадную трубу и дальнейшая обсадка становится невозможной, а водоносные породы еще не вскрыты скважиной.

При бурении скважины глубиной 15...20 м обычно редко встречается несколько водоносных горизонтов с непригодной водой, которые следовало бы изолировать от основного горизонта, питающего скважину. Но возможность этого не исключена, и способы такой изоляции представляют практический интерес.

При чередовании водоносных пород с водоупорными изоляция производится сравнительно просто. Например, если первый непригодный водоносный горизонт находится на глубине 10 м, а подстилающей породой является глина, то врезание башмака первой колонны труб на 2...3 м в глину вполне обеспечивает изоляцию (при этом башмак обязательно должен иметь цилиндрическую форму - без раструба, как у башмаков желонки). В первую колонну опускают следующую, меньшего диаметра, которая может служить и рабочей, если нижняя вода окажется хорошего качества.

Чтобы полностью обеспечить изоляцию водоносных горизонтов, применяют заливку в межтрубное пространство цементного раствора (при этом не следует пользоваться быстросхватывающимся цементом). Необходимо предварительно подсчитать объем цементного раствора, так как заливка производится в один прием. Изоляцию производят только после установки каждой колонны на ее постоянное место, ибо после нее опускание или подъем труб невозможны.

Заливка цементного раствора в кольцевой зазор между трубами допустима лишь в том случае, если намечаемый к использованию водоносный горизонт, еще не вскрыт бурением и имеется полная уверенность, что заливаемый раствор не может проникнуть в этот горизонт.

Крепление стенок скважин может быть выполнено не только с помощью металлических обсадных труб, но и с применением различных вяжущих материалов (беструбное крепление скважин).

При спуске труб в скважину могут также возникнуть осложнения, обусловленные скоплением на стенках скважины шлама и липких глинистых частиц (при коагуляции глинистого раствора) в результате недостаточной или некачественной промывки в процессе бурения. При этом на трубах образуются липкие сальники, затрудняющие свободное продвижение колонны по стволу скважины. Признаком возможного осложнения является внезапное замедление спуска колонны и неожиданные, хотя бы и мгновенные, остановки ее. При остановке колонны рекомендуется выбрать слабину каната талевой системы и попытаться опустить трубы путем проворачивания; если это не даст желаемых результатов, необходимо приступить к осторожному расхаживанию колонны с вращением, учитывая прочность резьбовых соединений; если колонна не поддается расхаживанию, следует приступить к ее промывке.

При креплении трубами скважин, пробуренных в толще устойчивой мерзлоты, следует опасаться примерзания колонны к стенкам скважины, образования «шуги» в стволе и замерзания жидкости в скважине. Эта опасность возрастает при спуске труб зимой, когда трубы сильно охлаждены наружным воздухом. При появлении кристаллов льда (шуги) следует произвести про-

мывку скважины соленым глинистым раствором (с содержанием не менее 8% соли от массы раствора).

8.2. КРЕПЛЕНИЕ СКВАЖИН ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ И КОМПОЗИЦИОННЫМИ СМЕСЯМИ

В современных условиях бурения геологоразведочных скважин крепление скважин осуществляется с помощью различных вяжущих материалов и составленных из них композиционных смесей. Наиболее употребительными для этих целей являются высокодействующие портландцементы, называемые *тампонажными цементами*. Они выпускаются в двух видах: для «холодных» скважин с температурой на забое до 40 °С и для «горячих» скважин с температурой на забое выше 40 °С (до 90 °С).

При необходимости тампонирования в открытом стволе скважины можно пользоваться следующими ориентировочными данными:

Диаметр скважины, мм.	152	132	112	93	76	59
Объем цементного раствора для						
заполнения 1 м скважины, л.	18,5	14,5	10,2	6,9	4,9	3,0

Гипсовые тампонажные растворы. Для тампонирования и крепления стенок скважин применяют гипсовые смеси как заменители цементных при ликвидации поглощений промывочной жидкости, так и для быстрой установки в стволе мостов и временных пробок.

Гипс, применяемый для буровых работ, должен обладать следующими свойствами:

-тонкость помола - остаток по массе на сите № 2 (918 отв./см²) - 15% (не более);

-начало схватывания гипса должно наступать не ранее 4 мин с начала приготовления раствора;

-конец схватывания должен наступать не ранее 6 мин и не позднее 30 мин с начала приготовления раствора.

В качестве замедлителя схватывания, регулирующего сроки начала и конца схватывания гипсового раствора, могут быть рекомендованы полиакриламид или триполифосфат натрия Na₃P₃O₁₀.

Рецептура гипсовых тампонажных растворов может быть различной в зависимости от конкретных условий (цели крепления стенок ствола, характера горнотехнических условий и пр.) Оптимальным значением водогипсового отношения (В/Г) для гипсового тампонажного раствора следует считать 0,65 - 25 см по конусу АзНИИ, а получающийся гипсовый камень обладает прочностью около 40 кгс/см².

Для приготовления 1 м³ гипсового раствора с В/Г=0,65 требуется 1090 кг гипса и 710 л воды, а с В/Г=0,70 - 1060 кг гипса и 745 л воды.

Рекомендуется следующая последовательность работ по приготовлению гипсового раствора:

-расчёт количеств воды и гипса, необходимых для приготовления смеси заданными свойствами;

-приготовление емкости для затворения смеси в данном объеме;

-взвешивание расчетного количества замедлителя схватывания и растворение его в воде;

-взвешивание расчетного количества гипса;

-подготовка (подсоединение) цементировочного агрегата, проверка надежности его работы;

-приготовление гипсовой смеси и закачивание ее в скважину.

В зависимости от характера зоны установлена разбуриваемая пробка ниже этой зоны, а выше ее – съемный или разбуриваемый пакер.

8.3. ТАМПОНИРОВАНИЕ СКВАЖИН ГЛИНОЙ

Тампонирующая глина применяется преимущественно при бурении неглубоких разведочных или гидрогеологических скважин для уплотнения затрубной части обсадной колонны, закрывающей водоносный пласт с невысоким давлением.

Если в месте намеченного тампонирования залегает пласт вязкой глины мощностью 2...3 м, башмак обсадных труб задавливают или забивают в гилу на 0,5...1 м, предварительно пробурив этот пласт на 0,5...0,6 м.

При отсутствии на забое вязкой глины или при незначительной мощности ее пласта в скважину забрасывают небольшими порциями шарики глины диаметром 5...7 см. Каждую порцию глины утрамбовывают металлической трамбовкой, спускаемой в скважину на бурильных трубах или канате. После того как в скважине будет искусственно создана глинистая подушка мощностью 2...3 м, в нее задавливают башмак колонны обсадных труб. В некоторых случаях для выдавливания глины в затрубное пространство башмак колонны обсадных труб закрывают деревянной конусной пробкой. При тампонировании с применением пробки достигается лучшее уплотнение затрубного пространства нижней части обсадной колонны. После окончания тампонирования пробка разбуривается.

8.4. ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ СКВАЖИН

Тампонирующая скважин цементом или содержащими цемент материалами называется *цементированием*. Цементирование применяется в случаях, когда необходимо получить прочный и плотный тампон на весьма продолжительное время. Для цементирования скважин используется портландцемент, называемый *тампонажным*.

При смешивании с водой тампонажный цемент образует легкоподвижный раствор, который с течением времени загустевает и постепенно превращается в прочный цементный камень. Сроки и прочность схватывания цементного раствора зависят от качества цементного порошка, тонкости его помола, количества и качества содержащейся в растворе воды.

Количество воды для затворения определяется *водоцементным числом*, выражающим соотношение масс воды и сухого цемента в единице объема раствора

$$m = B / Ц \quad (8.1)$$

Обычно принимают $m = 0,4 \dots 0,6$. При меньших значениях m период жидкого состояния раствора мал, а при больших – прочность цементного камня резко снижается.

Применяемый тампонажный цемент имеет показатель начала схватывания, т.е. время, при котором он начинает терять подвижность (не ранее 2 ч после затворения раствора). За период от затворения и до начала схватывания цементного раствора необходимо произвести его закачивание к намеченному месту установки тампона.

Конец схватывания цементного раствора, когда он полностью теряет подвижность, наступает не позднее 10 ч после затворения. От начала до конца схватывания цементный раствор должен находиться в покое, так как перемешивание его отрицательно сказывается на прочности цементного камня.

Повышение температуры среды, в которой находится цементный раствор, – активный ускоритель его схватывания. Поэтому в глубоких скважинах с высокой температурой у забоя применяют специальные цементы, на которые температура оказывает меньшее влияние.

Кроме того, для замедления используют длительную промывку скважины сильно охлажденной промывочной жидкостью, а также добавляют в цементный раствор *замедлители схватывания*, в качестве которых применяют буру, крахмал, сернокислородное железо, ССБ, гипан, или КМЦ (0,5...1% от массы сухого цемента).

Весьма целесообразно введение в цементный раствор тонко измельченного кварцевого песка (до 30...40% от массы сухого цемента) с добавкой КМЦ. При этом наряду с замедлением схватывания раствора экономится дорогостоящий портландцемент и повышается устойчивость цементного камня к воздействию на него агрессивных сульфатных вод.

Иногда при цементировании скважин небольшой глубины возникает необходимость ускорить схватывание цементного раствора. Для ускорения схватывания к цементному раствору добавляют хлористый кальций или хлористый натрий (2-3% от массы сухого цемента).

Цементный раствор готовят в обычных глиномешалках или в специальных цементно-смесительных машинах. Наиболее распространены машины 2СМН-20 и ЗАС-30, смонтированные на шасси автомобиля КраЗ-255Б.

Наиболее простым и широко применяемым при разведочном бурении способом цементирования является погружение башмака обсадной колонны в цементный раствор, залитый на забой скважины. *Забойное цементирование* производится для изоляции нижней призабойной части колонны обсадных труб, поэтому высота подъема раствора в затрубном пространстве достаточна в пределах 2...3 м. Необходимое для цементирования количество раствора закачивается в скважину через заливочные трубы. Обсадная колонна при

этом подвешена над забоем на расстоянии 3...5 м. По окончании закачки цементного раствора заливочные трубы приподнимают над его поверхностью и, промыв водой, извлекают из скважины. Обсадную колонну опускают на забой и оставляют в покое примерно на сутки, после чего разбуривают цементную пробку в трубах и продолжают углубление скважины.

Если необходима большая высота подъема цемента в затрубном пространстве (на любое расстояние от забоя, вплоть до устья скважины), применяют *цементирование под давлением с разделяющими пробками*. При цементировании этим способом используются две разделяющие пробки с уплотняющимися резиновыми манжетами и цементировочная головка. Верхняя пробка сплошная, а нижняя имеет осевой канал, перекрытый стеклянным диском или резиновой мембраной.

До начала цементирования скважину проверяют на цилиндричность специальным долотом или зубчатой коронкой, диаметр которых больше диаметра труб тампонажной колонны.

После тщательной проверки качества обсадных труб их опускают в скважину. На расстоянии 5...10 м выше башмака внутри колонны должно быть закреплено опорное кольцо. Последние 10...12 м трубы опускают с промывкой скважины, закачивая воду или жидкий глинистый раствор через навинченную на верхнюю часть колонны цементировочную головку. Колонну обсадных труб подвешивают над забоем на расстоянии 1...2 м, снимают цементировочную головку и опускают в трубы нижнюю пробку. Затем снова надевают головку и через нижние ее патрубки закачивают в трубы необходимое количество цементного раствора. После этого освобождают верхнюю пробку, удерживаемую стопорами в цементировочной головке и через патрубок закачивают глинистый раствор.

Цементный раствор, заключенный между пробками, продавливается вниз. Нижняя пробка, дойдя до упорного кольца в трубах, останавливается. Верхняя же пробка под напором продавочной жидкости продолжает опускаться. Вследствие развиваемого при этом высокого давления резиновая мембрана нижней пробки разрушается, и цементный раствор вытесняется в затрубное пространство (часть его окажется в обсадной колонне — ниже опорного кольца). При сжатии пробок давление, показываемое манометром цементировочной головки, резко повысится. Это служит сигналом для окончания нагнетания продавочной жидкости. Выключив насос, колонну обсадных труб опускают на забой, и при закрытых вентилях цементировочной головки скважину оставляют в покое для твердения цементного раствора на 24 часа в случае цементирования эксплуатационных колонн и на 12...16 ч при цементировании кондуктора.

При необходимости очистки стенок скважины и труб от глинистой корки в скважину перед цементным раствором закачивают небольшое количество воды или буферной жидкости—10% раствора кальцинированной соды.

Для заливки и продавливания цементного раствора используют либо буровые насосы, либо самоходные цементировочные агрегаты 4ЦА-100, ЦА-320М и др.

8.5. ВРЕМЕННОЕ И ОПЕРАТИВНОЕ ТАМПОНИРОВАНИЕ СКВАЖИН

Временное тампонирование скважин производится на непродолжительный период проведения раздельного исследования водоносных (нефте- и газоносных) горизонтов.

Для разобщения отдельных участков скважины, подвергаемых исследованиям (откачки, нагнетания и т.д.), используют специальные тампоны, называемые *пакерами*. По принципу действия различают пакеры простого и двойного действия. Пакер простого действия разделяет скважину на два, а двойного действия — на три изолированных друг от друга участка.

Принцип действия пакера основан на том, что при расширении резиновой манжеты или подушки надежно уплотняется зазор между стенками скважины и колонной труб, на которой опускается тампон. Резиновая манжета (подушка) в скважине может уплотняться механически, с помощью воды или сжатого воздуха.

Пакер спускается в скважину на колонне бурильных труб, с которой соединяется переходником. При достижении пакером места его установки в скважине производят натяжку бурильной колонны. Имеющийся в устройстве пакера конус, перемещается вместе с обсадной колонной вверх, вдавливая плашки в стенки скважины и фиксирует пакер на заданной глубине. При дальнейшем натяге инструмента, за счет перемещения внутри конуса отрезка трубы, с помощью упорного кольца сжимается резиновая манжета и распирается, перекрывая сечение скважины.

После проведения работ, связанных с исследованием участка скважины, расположенного ниже тампона, вращением колонны бурильных труб отвинчивают левую резьбу отсоединительного переходника пакера. Под собственным весом конус опустится вниз, плашки сдвинутся и освобожденный пакер извлекают из скважины.

Гидравлический пакер с двумя резиновыми камерами (двойного действия) спускают в скважину на колонне труб. Напор подаваемой в скважину воды камеры прижимает камеры к стенкам скважины. При этом, скважина разделяется на три участка. Через фильтровую трубу после установки пакера производят опытные откачки или наливов.

Тампонирование без обсадных труб. Для оперативной борьбы с поглощением промывочной жидкости, изоляции некондиционных водоносных пластов без потери диаметра скважины применяют быстросхватывающиеся смеси (БСС) различного состава.

Ниже приведен рецепт приготовления одной порции БСС.

Тампонажный портландцемент, кг	980 – 1100
Глинистый раствор плотностью 1200 кг/м ³ , м ³	0,45 – 0,50
Жидкое стекло, м ³	0,035 – 0,12
Каустическая сода плотностью 1300 кг/м ³ , м ³	0,075 – 0,12
Вода, м ³	0,05 – 0,10

Дозировка входящих в состав смеси компонентов зависит от качества цемента и глины, а также от конкретных условий применения смеси. Измене-

нием количества жидкого стекла и каустической соды регулируются свойства смеси и сроки ее схватывания. Через 20...35 мин после приготовления БСС теряет подвижность, а через 1...1,5 ч заканчивается ее схватывание.

Для борьбы с поглощением широко применяются тампонажные смеси (ТС) на основе синтетических смол МФ-17, МФ-270, МФФ-50 (мочевиноформальдегидные), ЭД-5, ЭД-6, «Эпокс-1200» (эпоксидные). Тампонажная смесь готовится перемешиванием смолы с наполнителем и последующим введением в смесь отвердителя.

В качестве наполнителя используют материалы, обеспечивающие закупоривание каналов пористых и трещиноватых пород (кордное волокно, слюда, опилки и т.п.). Отвердитель для мочевиноформальдегидных смол – щавелевая или соляная кислота, для эпоксидных смол – гексаметилендиамин (ГМД). Количество отвердителя, добавляемого в тампонажную смесь, определяется опытным путем по контрольным пробам.

Тампонажные смеси должны быть доставлены к месту поглощения промывочной жидкости до потери подвижности одним из следующих способов:

- 1) заливкой через устье неглубокой скважины;
- 2) закачиванием через бурильную колонну;
- 3) в колонковом наборе, закрытом снизу глиняной пробкой, с последующим выдавливанием промывочной жидкостью;
- 4) с использованием специальных тампонажных устройств.

Доставленную в зону поглощения тампонажную смесь после выдержки в течение времени, необходимого для ее застывания, разбуривают.

Хорошие результаты по изоляции зон поглощения промывочной жидкости показывает тампонирующее устройство по следующей технологии.

В двух емкостях отдельно готовят цементный раствор и отверждающий глинистый раствор (ОГР), состоящий из 25% ТС-10, 15% формалина и 60% глинистого раствора. Затем через бурильные трубы, подвешенные нижним концом над зоной поглощения, последовательно закачивают цементный раствор и ОГР. Пока цементный раствор, продавливаемый в трещины породы, находится в соприкосновении с пластовыми водами и постепенно ими разбавляется, на его контакте с ОГР формируется тампонажный камень. В результате основная часть ОГР с водой не разбавляется и схватывается, надежно изолируя скважину от поглощающего пласта.

Один из наиболее эффективных способов борьбы с поглощением промывочной жидкости и обвалами пород со стенок скважины – сухое тампонирующее устройство, успешно применяющееся при бурении скважин диаметром от 46 до 152 мм на глубину до 1500...1600 м. Сущность сухого тампонирующего устройства заключается в следующем.

После пересечения зоны осложнения в нее доставляется сухая активированная быстросхватывающаяся смесь (БСС), упакованная в водонепроницаемые пакеты. Заполнив скважину БСС на 2...3 м выше кровли зоны осложнения, спускают тампонирующее устройство, состоящее из шарошечного долота; отражателя с ребордой, навитой по спирали в направлении, противоположном вращению снаряда; затирочного элемента, выполненного в виде пе-

реходника с эластичными лопастями, радиально укрепленными на нем; обратного клапана. Вращая снаряд, долотом разбуривают пакеты. Перемешанная масса БСС, твердеющая при контакте с водой, задавливается в поры и трещины пород отражателем, а затирочный элемент предотвращает зауживание ствола скважины и формирует цилиндрическую водонепроницаемую облицовку ее стенок. Работа ведется с промывкой. При этом циркуляция промывочной жидкости в скважине восстанавливается с начала проработки БСС. По характеру циркуляции жидкости по мере продвижения снаряда судят о надежности закупорки трещин в породах. В случае неполного перекрытия наиболее крупных трещин с первой проработки оперативно доставляют дополнительные пакеты с БСС и проводят повторную проработку данного участка.

В зависимости от конкретных условий подбирают комплексы БСС с применением активных, структурообразующих и армирующих наполнителей, а также химических добавок, улучшающих и регулирующих свойства смеси и образующегося при схватывании камня.

8.6. РАСЧЕТ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИН

Расчет цементирования скважины производится с целью определения необходимо для производства работ количества материалов и выбора типа насоса или цементировочного агрегата.

Объем цементного раствора (m^3) для создания в затрубном пространстве цементного кольца высотой h и цементного столба внутри колонны высотой h_0 определяется по формуле:

$$V_{ц.р.} = 0,785 k [(D_c^2 - D_n^2) h + D_b^2 h_0], \quad (8.2)$$

где k – коэффициент, учитывающий дополнительный расход цементного раствора на заполнение расширений скважины ($k = 1,2 \div 1,3$); D_c – диаметр скважины, м; D_n – наружный диаметр обсадных труб, м; D_b – внутренний диаметр обсадных труб, м.

Необходимое количество сухого цемента для приготовления цементного раствора ($кг$):

$$Q_{ц.} = k_1 (\rho_{ц.} \rho_{в.} / (\rho_{в.} + m \rho_{ц.})) V_{ц.р.}, \quad (8.3)$$

где $\rho_{ц.}$ – плотность цемента, $кг/м^3$ ($\rho_{ц.} = 3050 \dots 3200$); $\rho_{в.}$ – плотность воды, $кг/м^3$; m – водоцементное число; k_1 – коэффициент, учитывающий потери цемента при приготовлении раствора ($k = 1,1 \dots 1,15$).

Количество воды (m^3), необходимое для приготовления цементного раствора:

$$V_{в.} = Q_{ц.} m. \quad (8.4)$$

Для продавливания цементного раствора следует закачать промывочную жидкость в объеме (m^3):

$$V_{п.ж.} = 0,785 k_{ж.} D_b^2 (L - h_0). \quad (8.5)$$

где $k_{ж}$ — коэффициент, учитывающий сжатие жидкости (для воды $k_{ж} = 1,05$); L — глубина скважины, м.

Давление (МПа) для продавливания цементного раствора:

$$p = g(h - h_0)(\rho_{ж.р.} - \rho_{ж.}) 10^{-6} + L \cdot 10^{-3} + 0,8, \quad (8.6)$$

где $\rho_{ж.}$ — плотность продавочной жидкости, $кг/м^3$.

Время (с), необходимое на цементирование:

$$t_{ц} = (V_{ц.р.} + V_{п.ж.}) / Q_{ц.а.} + t_{в.с.} \quad (8.7)$$

где $Q_{ц.а.}$ — производительность цементировочного агрегата, $м^3/с$; $t_{в.с.}$ — время, расходуемое при цементировании на вспомогательные операции, с ($t_{в.с.} = 600 \dots 900$).

Продолжительность цементирования не должна превышать 75% времени начала схватывания цементного раствора.

8.7. ИСПЫТАНИЕ ТАМПОНАЖА

По истечении времени, необходимого для затвердения цементного раствора, проверяют герметичность колонны, а затем затрубного пространства.

Герметичность колонны проверяют при наличии в ее нижней части цементной пробки. При испытании тампонажа выполняют следующие требования и операции.

1. Качество тампонажа должно быть последовательно проверено испытанием на герметичность обсадной колонны и на отсутствие притока воды к скважине.

2. Сроки твердения цемента после окончания заливки: кондуктора составляют 12...24 ч; водозакрывающих колонн — от 48 до 72 ч.; в глубоких скважинах (более 1000 м) благодаря влиянию повышенной температуры срок твердения может быть снижен до 48 ч.

3. Разбуривать затвердевший в колонне цемент следует пикообразным долотом диаметром на 12...15 мм меньше внутреннего диаметра труб во избежание порчи их.

В скважинах малого диаметра цементный стакан (пробку) разбуривают наконечником, не армированным твердым сплавом.

4. Для испытания спущенной колонны на герметичность следует выбурить цементный стакан (пробку), оставляя 1,0...1,5 м. При наличии превентера опустить бурильные трубы с обратным клапаном и, закрыв плашки установленного на устье скважины превентера, поднять давление при помощи промывочного насоса, соединенного с гибким шлангом вертлюга. При отсутствии превентера можно использовать заливочную головку, предварительно подняв инструмент из скважины. Тампонажную колонну следует держать под давлением не менее 1,0 МПа в течение 30 мин. Если при этом давление упадет не более чем на 0,5 МПа, колонну считают герметичной.

5. Для испытания на закрытие воды глинистый раствор в скважине следует заменить свежим, разбурить долотом оставшийся цемент и углубиться ниже башмака тампонажной колонны на 0,5...1,0 м. Снижать уровень жидкости в скважине путем сваблирования или тартанием. Величина понижения уровня определяется в каждом отдельном случае в соответствии с прочностью обсадных труб и геологическими условиями перекрываемого водоносного горизонта.

6. Тампонаж считается удачным, если в течение 8 ч после понижения уровня остается на месте или поднимается менее чем на 1 м.

7. Место течи в трубах при выявленной негерметичности колонны обнаруживается продавливанием деревянной пробки, которая, опускаясь, должна остановиться против поврежденного места, через которое при прокачке проникает в затрубное пространство глинистый раствор. Положение пробки фиксируется глубиномером или в некоторых случаях электротермометром.

8. Для ликвидации течи в трубах следует сделать длительную прокачку чистой водой для промывки образовавшихся каналов, опустить заливочные или бурильные трубы, остановив их выше места повреждения, и закачивать цемент при закрытой головке на устье. Движению цемента ниже места повреждения будет препятствовать спущенная ранее пробка.

9. В случае отсутствия течи в трубах, следует считать причиной неудачи негерметичность цемента (трещины и т. п.) около башмака. Ликвидация неудачного тампонажа при значительном поглощении состоит в длительной прокачке скважины водой и затем повторении тампонажа. После суточной остановки следует вновь произвести испытание.

9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СКВАЖИН

Проектирование и выбор конструкции скважин для водоснабжения зависит от их целевого назначения: поисковые, разведочные, эксплуатационные, наблюдательные и др., а также от геолого-технических условий бурения.

Основными факторами, определяющими конструкцию скважин являются: гидрогеологическое строение, конструкция фильтра, глубина бурения, проектный дебит, способ откачки, ремонтпригодность фильтра. Иногда, как при бурении на минеральные воды, учитывают ещё и пластовое давление. В зависимости от количества водоносных горизонтов, зон неустойчивых горных пород и их интервалов, зон поглощения и глубины скважины, вида и технических средств откачки определяют необходимое и достаточное число обсадных колонн, обеспечивающих надёжное разобщение вскрытых водоносных горизонтов от рабочего горизонта, устойчивость стенок скважины и достижение проектной глубины бурения.

Рациональная конструкция разведочно-эксплуатационной скважины должна отвечать следующим требованиям:

— применение обсадных труб ниппельного соединения геологоразведочного стандарта (ГОСТ 6238-77) или труб муфтового соединения нефтяного стандарта (ГОСТ 632-80);

-при бурении неглубоких скважин большого диаметра для облегчения конструкции скважины допускается применение труб нефтяного стандарта «труба в трубу»;

- посадка башмака кондуктора и промежуточной колонны в плотные породы, не размываемые промывочной жидкостью;
- надёжное закрепление стенок скважины;
- возможность подъёма цемента в затрубном пространстве кондуктора одной промежуточной колонны до устья скважины;
- достаточная прочность и герметичность обсадных колонн, в т.ч. «вплот»;
- обеспечение проектного дебита;
- соблюдение условий опробования водоносных горизонтов;
- возможность проведения геофизических исследований скважинными борами;

- проведение аварийно-ремонтных работ в процессе эксплуатации;
- соблюдение санитарно-экологических требований.

При бурении поисковых скважин с кратковременным их функционированием и наблюдательных скважин для наблюдения за пьезометрическим уровнем и уровнем вод с малым дебитом проектируют более упрощённую конструкцию, состоящую из кондуктора, одной промежуточной и эксплуатационной колонн обсадных труб.

Основное и решающее значение при проектировании конструкции скважины имеет определение конечного диаметра скважины и диаметров устанавливаемых промежуточных обсадных колонн.

Первоначально при построении конструкции скважины определяется диаметр фильтра. Диаметр фильтра тем больше, чем больше дебит скважины и короче фильтровая труба. Диаметр фильтра зависит также от степени скважинности каркаса (дырчатой трубы) и скорости поступления воды в скважину. Таким образом, диаметр фильтра (трубы) в см можно определить по формуле:

$$d_f = Q / \pi m v h, \quad (9.1)$$

где Q – дебит скважины, $см^3/с$; h – длина рабочей части фильтра; m – скважность фильтра, v – скорость притока воды в скважину (или коэф. фильтрации), $см/с$ – в песчаных породах определяется в зависимости от зернистости песка:

Величина зёрен песка, мм	<1 – 0%;	<0,5 – 4%;	<0,25 – 40%.	Гравий
Скорость, см/с	0,2	0,1	0,05	0,5

Далее определяют:

-конечный диаметр коронки или долота D_k , мм:

$$D_k = d_f + 2\delta_1 \quad \text{при } \delta_1 \leq 50-100, \quad (9.2)$$

где d_f – диаметр фильтра, мм; δ_1 – зазор между фильтром и стенкой скважины, мм;

-внутренний диаметр труб эксплуатационной колонны $d_{экв}$, мм:

$$d_{экв} = d_f + 2\delta_2 \quad \text{при } \delta_2 \leq 50, \quad (9.3)$$

где δ_2 – зазор между фильтром и внутренним диаметром труб (с учётом установки сальникового уплотнителя), мм;

- диаметр долота под эксплуатационную колонну труб $D_{кзк}$, мм:

$$D_{кзк} = d_{эки} + 2\delta_3 \quad \text{при } \delta_3 = 15 \div 50, \quad (9.4)$$

где $d_{эки}$ – наружный диаметр эксплуатационной колонны (с учётом муфт), мм; δ_3 – зазор между наружным диаметром эксплуатационной колонны и стенками скважины (с учётом цементации затрубного пространства), мм.

Если цементирование затрубного пространства не предусмотрено, размер долот или коронок выбирают только с учётом диаметра муфт соответствующей колонны труб. Например, диаметр долота под эксплуатационную колонну в таком случае $D_{кзк} = d_{эки}$. По технической характеристике выбирают ближайший больший диаметр.

По ГОСТ устанавливается фактический наружный и внутренний диаметр труб эксплуатационной колонны: тонкостенные трубы nippleного соединения – ГОСТ 6238-77; трубы муфтового соединения – ГОСТ 632-80; асбоцементные трубы – ГОСТ 539-73, а также трубы из термопластов по МРТУ 6-05-918-67; 6-05-917-67 и по ТУ 38-2-54-69.

Аналогично рассчитывают соотношение диаметров породоразрушающего инструмента и промежуточных обсадных колонн при их необходимости.

Внутренний диаметр направляющей трубы $d_{нв}$, мм, находится из условия:

$$d_{нв} = D_{кзк} + 2\delta_4 \quad \text{при } \delta_4 \leq 3 \div 8, \quad (9.5)$$

где δ_4 – зазор для обеспечения свободного прохода долота, мм;

Фактический диаметр труб устанавливается по ГОСТ.

Далее определяется диаметр долота или коронки под диаметр направляющей трубы (кондуктор) $D_{кн}$, мм:

$$D_{кн} = d_{нв} + 2\delta_5 \quad \text{при } \delta_5 = 15 \div 50, \quad (9.6)$$

где $d_{нв}$ – наружный диаметр труб с муфтой (башмаком), мм; δ_5 – зазор между наружным диаметром башмака и диаметром скважины, мм.

Фактический диаметр породоразрушающего инструмента устанавливается по ГОСТу.

Конструкции фильтра и скважины приводят в проектной гидрогеотехнической карте, которая прилагается к проекту буровых работ (см. Приложение 4).

10. ТЕХНОЛОГИЯ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ НА ВОДУ

10.1. ВСКРЫТИЕ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Вскрытие водоносного горизонта является наиболее ответственной технологической операцией, от правильности реализации которой зависят достоверность полученной гидрогеологической информации и дебит скважины. На

эффективность вскрытия водоносного горизонта влияют способ при- продуктивного пласта, режим бурения, способ и вид промывочной среды. При вскрытии водоносного горизонта приступают после завершения всех связанных с сооружением скважины до кровли водоносного горизонта. Крепления этого интервала колонной обсадных труб, цементирования трубного пространства (если в этом есть необходимость), разбуривания цементной пробки и тщательной промывки скважины, с целью удаления дуктов цементирования и ранее применяемого промывочного раствора, приступают к бурению водоносного горизонта.

Определяющим фактором при вскрытии водоносного горизонта является промывка. При бурении вращательным способом с промывкой раствором, обладающими свойствами возможна коагуляция пласта (закупорка). Это вызывает снижение дебита скважины и требует дополнительных работ по удалению продуктов коагулянта из пор и трещин водоносного горизонта. Коагуляция может происходить за счет: проникновения в пласт вместе с водными тонких твердых частиц, которые могут адсорбироваться породой продуктивного пласта или механически его удерживаться, путем образования глинистых корок на стенках скважины в зоне водоносного горизонта или за счет проникновения фильтрата раствора в пласт.

При вскрытии водоносных горизонтов, представленных мелко- и среднезернистыми песками с коэффициентом фильтрации до 20 м/сутки и при глубине уровня воды от устья скважины до 3 м применяется техническая вода. Крупнозернистые грубообломочные породы вскрываются с промывкой водным раствором гипана (3-5%). Плотность такого раствора составляет 1020-1060 кг/м³, а условная вязкость до 70 с.

Разнозернистые пески вскрываются с промывкой стабильным глинистым раствором, получаемым из высококачественных бентонитовых глин (4-6%), с добавкой реагента — стабилизатора, например КМЦ (1-2%) и др. Параметры таких растворов следующие: плотность до 1150 кг/м³, условная вязкость от 35 до 50 с, водоотдача 6...7 см³ за 30 мин.

Применяемые химические реагенты не должны взаимодействовать с пластовыми водами, а в случае их взаимодействия — загрязнять и закупоривать поры и трещины пород продуктивных горизонтов. Следует избегать применения щелочных препаратов, способствующих гидратации и диспергирования частичек глин и тем самым снижающих проницаемость продуктивного горизонта.

Для мелко- и разнозернистых песков с включением гравия рекомендуются меловые растворы: мел (5...30%); УЩР (8...10%), КМЦ (0,6...0,8%). Характеристика растворов: плотность 1060...1200 кг/м³; условная вязкость от 30 до 75 с; водоотдача до 2 см³ за 30 мин. Достоинством их считается простота устанавления коагуляции при кислотной обработке.

Для вскрытия слабонапорных мелко- и среднезернистых песков применяются самораспадающиеся растворы, например крахмальные, содержащие модифицированный крахмал в количестве 4...5% по массе. Характеристика растворов: плотность 1010...1020 кг/м³; вязкость по СПВ — 18 от 5 до 20с; водоотдача до 12 см³ за 30 мин. Крахмальный раствор разрушается за 3...4 суток.

В случае вскрытия напорного водоносного горизонта, сложенного тонко- и среднезернистыми песками, и при наличии в кровле устойчивых пород применяют бесфильтровый способ сооружения водосбора. При этом эксплуатационная колонна устанавливается на 0,3...0,5 м ниже кровли и цементируется в интервале до 10 м выше башмака. С помощью эрлифтной откачки формируется полость в продуктивном пласте, которая затем может быть заполнена щебнем или галькой.

При вскрытии трещиноватых пород применяются азрированные растворы и пены. Используемые для этой цели ПАВ должны быть биологически нестойкими и не вызывать загрязнения продуктивного горизонта при последующем эффективном его освоении.

10.2. ИЗ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ВСКРЫТИЯ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ

При устройстве скважин для водоснабжения глубиной до 100 футов (около 30 м) с засыпным фильтром обычно применяют известный способ вскрытия водоносного горизонта с установкой фильтра под защитой обсадной колонны, доведенной до водоупора.

При данном методе установки фильтра гравийная обсыпка подбирается в соответствии с породами водоносного горизонта, а также соблюдается условие равномерной обсыпки гравия около фильтра и надфильтровой трубы. Учитывая возможность некоторой усадки фильтра в процессе прокачки, рекомендуется иметь столб гравия над верхним краем рабочей части фильтра в размере 5...6 футов (1,5...1,8 м).

Для устройства фильтров в мелкозернистых грунтах, при значительной глубине скважин, применяется метод посадки фильтра с помощью конуса. Применение этого метода требует при бурении эксплуатационных скважин детального знания геологического разреза на участке постановки фильтра, который определяется путем бурения разведочной скважины.

Перед установкой фильтра породы до водоносного горизонта проходятся ударным или вращательным способом. Фильтр опускается в скважину на колонне, в нижней части которой навинчивается конус-расширитель с раструбом по диаметру обсадной трубы и длиной 0,3...0,45 м. Более крутой угол конуса способствует большему расширению скважины.

При опускании фильтра конус доходит до породы и опирается на нее. В этот момент труба с фильтром должна быть подвешена на лебедке. После этой операции между обсадной и опускной трубой засыпается гравий на высоту 4...6 футов (1,2...1,8 м) над конусом.

По окончании засыпки гравия колонна освобождается, и через опускную трубу производится извлечение (желонкой, размывом) породы с одновременным погружением конуса с фильтровой трубой. По мере погружения фильтра в водоносные породы необходимо следить за тем, чтобы столб гравия над фрезером обсадной трубы сохранялся на высоте 5...6 футов

(1,5...1,8 м). По достижении проектной отметки закрепляют фильтровую лонну и продолжают извлечение породы из забоя до тех пор, пока градиент не проникнет в конус.

После этой операции надлежит конус зацементировать, а над верхней частью фильтра поднять гравийную обсыпку на высоту 8...10 м (2,4...3,0 м). При установке фильтра по этому методу рекомендуется применять тяжелые трубы, рассчитанные на достаточную массу опускной колонны для её посадки вниз.

10.3. БУРЕНИЕ ТВЁРДОСПЛАВНЫМИ КОРОНКАМИ

Твёрдосплавные коронки эффективно используются при бурении горных пород I – VII категорий по буримости. При выборе буровых коронок необходимо учитывать основные особенности их эксплуатации в данных геологических условиях: генезис геологического строения; характер геологического разреза и свойства горных пород – абразивность, трещиноватость, хрупкость, зернистость, пористость, рыхлость, перемежаемость по твердости, устойчивость при обнажении и др. В зависимости от характера связей отдельных зёрен различают следующие типы пород: *рыхлые* (разделенные), *вязные* (глинистые) и *твёрдые* (скальные и полускальные).

Горно-геологическая характеристика горных пород, назначение и область рационального применения породоразрушающего инструмента, приведённые в предыдущих главах, определяют выбор типа коронки для бурения скважины или отдельных её интервалов в конкретных условиях.

Технологические параметры режима бурения осевая нагрузка, частота вращения и количество промывки – это те факторы от определённого сочетания которых, зависит успех бурения.

Бурение *рыхлых, слабо вязных, перемежающихся пород*. К таким породам можно отнести пески, суглинки, торфа, глины, песчано-гравийно-галечные пропластки без включения крупных валунов и др.

Наибольшая эффективность бурения достигается при объёмном разрушении горных пород. Для этого нагрузка породоразрушающего инструмента на породу должна превосходить временное сопротивление горной породы разрушению – преимущественно сжатию. Однако, осевую нагрузку необходимо ограничивать до предела прочности резцовых элементов. Кроме того, при бурении рыхлых пород коронка не должна вязнуть в породе, препятствуя действию промывочной жидкости.

Осевую нагрузку на коронку, daH , определяют расчётом по формуле

$$P = C_0 m, \quad (10.1)$$

где C_0 – усилие на резец, m – число основных резцов в коронке. Нужно иметь в виду, что слишком большая нагрузка на коронку ведет к искривлению скважины, изгибу колонковой трубы, разрушению керна и даже к поломкам буровых труб.

Частота вращения бурового снаряда определяется обычно, исходя из рекомендуемой окружной скорости резца, по формуле

$$n = 60 v_{\text{окр}} / \pi D_{\text{ср}} \text{ мин}^{-1} \quad (10.2)$$

где $v_{\text{окр}}$ – окружная скорость движения резца, м/с; $D_{\text{ср}}$ – средний диаметр коронки, м, определяемый, из соотношения

$$D_{\text{ср}} = (D_1 + D_2) / 2 \quad (10.3)$$

где D_1, D_2 – соответственно, внутренний и наружный (по резцам) диаметры коронки.

Рекомендуемая окружная скорость для мягких горных пород 0,8...1,5 м/с; для твёрдых – до 2,0 м/с и более; в абразивных породах и трещиноватых – окружную скорость уменьшают.

Количество промывочной жидкости принято находить из рекомендуемой удельной подачи л/мин на 1 см диаметра коронки по формуле

$$V = V_{\text{уд}} D_2, \text{ л/мин}, \quad (10.4)$$

где $V_{\text{уд}}$ – удельная подача промывки на 1 см диаметра бурения, л/мин; D_2 – наружный диаметр коронки, см.

При бурении ребристыми коронками рекомендуемая удельная подача промывки на 1 см диаметра коронки составляет 10...15 л/мин. В породах средней твердости – 10...12 л/мин.

Можно также определить потребный расход промывки, исходя из рекомендуемой скорости восходящего потока, умножив эту величину на площадь кольцевого канала между стенками скважины и буровыми трубами. При бурении мягких пород скорость восходящего потока принимают в пределах 0,6...0,8 м/с.

Промывка при бурении мягких пород имеет преобладающее значение. При подаче большого количества промывочной жидкости она не только быстро удаляет шлам с забоя, но и вследствие гидромониторного воздействия способствует разрушению горных пород. Слишком большой расход жидкости может привести к размыву ствола, образованию каверн и искривлению скважины. Поэтому подачу промывки корректируют в зависимости от конкретных горно-геологических условий.

Так как породы первых четырех категорий при обнажении слабоустойчивые, для промывки с креплением стенок скважин используют глинистые, безглинистые, полимерные и другие растворы. При бурении продуктивных пластов на воду для предотвращения коагуляции применяют, как сказано, малоглинистые или со специальными реагентами растворы.

Бурение средне-твёрдых горных пород. В группу пород IV - VIII категории буримости входят разнообразные породы, что необходимо учитывать при выборе типа твёрдосплавной коронки и параметров режима бурения. Коммунальные породы бурятся со значительно меньшей, скоростью, чем мягкие породы, поэтому роль промывки в данных условиях снижается и большее значение приобретают осевая нагрузка и частота вращения снаряда.

Нужно учитывать, что бурение в абразивных породах при высоких частотах вращения приводит к быстрому износу резцов коронки. Это приводит к уменьшению проходки на коронку. Поэтому в абразивных породах уменьшают частоту вращения снаряда, а осевую нагрузку увеличивают вплоть до максимальных рекомендуемых значений.

Нагрузки на резцы для различных типов твёрдосплавных коронок, наиболее распространенных при бурении скважин на воду и более редко применяемых (в твёрдых пропластках) СА, с учётом практических рекомендаций приведены в табл.26, а режимы промывки и частоты вращения колонкового снаряда устанавливаются по приведённым выше формулам или по назначению.

Таблица 26. Рекомендуемые нагрузки на 1 резец (штабик) коронки, даН

Тип и марка коронки	Категория пород по буримости					
	I-II	III-IV	V	VI	VII	VIII-IX
Резиновые						
M1	30	—	—	—	—	—
M5	—	40—60	—	—	—	—
M6	—	40—60	—	—	—	—
Резцовые						
CM-3	—	40—50	50—70	70—60	—	—
CM-4	—	—	50—60	60—80	—	—
CM-5	—	—	40—50	50—60	—	—
CM-6	—	—	—	50—60	60—70	—
CM-9	—	40—60	60—80	80—90	—	—
Самозатачивающиеся						
CA-4	—	—	—	40—60	50—70	60—80
CA-5	—	—	—	40—60	50—70	60—80
CA-6	—	—	—	40—60	50—70	60—80
КРАБ резец	—	60-70	70-80	80-90	90-100	100-120
эл. трения (на 1 см ²)	—	15-20	40-50	60-70	70-80	80-120

Бурение плавучих и моренных отложений с включением валунов достаточно сложная технологическая задача, если в геологическом разрезе они

представлены достаточно мощными горизонтами (до нескольких десятков м). В практике отработан метод «телескопической обсадной колонны».

Такой интервал бурят ходовой обсадной колонной, соединённой труба в трубу и коронкой типа CM с глинистой промывкой и размывом кернового материала. После входа обсадной колонны в устойчивый горизонт последняя остаётся в качестве обсадки, а бурение начинают новым меньшим диаметром, как правило, через один типоразмер нормального ряда.

При бурении моренных неустойчивых отложений также применяют метод ходовой обсадной колонны. Бурение по рыхлым сыпучим или перемежающимся связным породам твёрдосплавной коронкой с наращиванием обсадных труб продолжается до встречи валуна. При этом бурильно-обсадная колонна оставляется в скважине как обсадная. Оставшийся внутри обсадной колонны керн выбуривается меньшим по диаметру колонковым снарядом.

После этого продолжается бурение валуна либо шарошечным долотом для твёрдых пород, либо алмазной коронкой. При таком способе бурения исключаются аварийные осложнения, связанные с обрушением стенок скважины, а выход колонны может достигать 20...30 м. Недостатком способа является неизбежная потеря диаметров скважины при встрече в разрезе нескольких валунов.

Применение коронок типа «Краб» не требует замены породоразрушающего инструмента при встрече валунов, что позволяет устранить неизбежную потерю диаметра скважины. Конструктивно коронка «Краб» выполнена так, что за счёт автономного размещения резцовых элементов она имеет два режима работы — в несвязных породах и в твёрдых.

1 - бурение рыхлых и слабо связных горных пород одними резцовыми элементами без подключения фрикционных элементов (механическое разрушение). Незначительная осевая нагрузка на фрикционный элемент компенсируется устройством упругой подачи резцовых элементов. Окружная скорость коронки устанавливается в пределах 0,6...1,3 м/с, а подача промывки на 1 см диаметра — в пределах 8...12 л/мин.

2 - бурение средне-твёрдых и твёрдых скальных горных пород (термомеханическое разрушение). При встрече коронкой твёрдой горной породы (валун или пропласток) переход на 2-ой режим осуществляется изменением (увеличением) осевой нагрузки на фрикционный элемент. Окружная скорость коронки не должна превышать значения 1,1...1,4 м/с (300...450 мин⁻¹).

Подача промывки в этом режиме играет существенную роль, так как является одним из регуляторов термомеханического режима разрушения горной породы. Наиболее эффективной является подача промывки в пределах 0,4...0,8 л/мин на 1 см² площади забоя скважины.

При изменении режима бурения колонковый снаряд до конца рейса не извлекается из скважины, если нет необходимости постановки обсадной колонны.

Рекомендуемые режимы осевой нагрузки на фрикционный и резцовый элементы для различных категорий горных пород по буримости см. в табл.26.

Известно, что механическая скорость бурения скважин находится в зависимости от величины осевой нагрузки и частоты вращения долота, устанавливаемых оптимальных их значений при бурении большинства твердых горных пород. Эта зависимость реализуется при выборе рационального типа породоразрушающего инструмента с учетом механических свойств горных пород: механическая прочность, твердость и абразивность, вызывающих износ конструктивных и разрушающих пород элементов вооружения долот. В производственных условиях твердость и прочность пород оценивают механической скоростью бурения и износом породоразрушающего инструмента. Эти показатели всегда соответствуют рациональному типу выбранных шарошечных долот, так как однотипные породы часто неидентичны по своим механическим свойствам, хотя и относятся к одним и тем же стратиграфическим отложениям. Горные породы в одних и тех же отложениях отличаются по прочности, твердости, абразивности и трещиноватости.

В большинстве гидрогеологических разрезов при бурении скважин на воду в геологическом строении присутствуют следующие породы: пески, суглинки, галечник, валунные морены, мергели, песчаники, аргиллиты, известняки, глины, глинистые сланцы, гравелиты, граниты, порфириты и др. Каждая горная порода требует применения типа долот соответствующего ее свойствам буримости (см. табл. 22).

На практике выбирают долота, обеспечивающие эффективность бурения группы схожих по свойствам горных пород. Каждый тип долота определяется конструкцией опор (подшипники) и вооружением - числом и размерами зубьев на шарошках. Мягкие, вязкие глины и другие вязные породы разрушают трехлопастными долотами; песчаники и известняки средней твердости - шарошечными долотами типа С, абразивные песчаники, крепкие известняки и доломиты - долотами типа Т, мелкокристаллические сланцы, доломиты и кварциты - шарошечными долотами типа К. Выбор типа долота связан с глубиной внедрения зубца в горную породу и его износом.

Кроме твердости горных пород, на эффективность бурения оказывают влияние и другие механические свойства. Большинство горных пород являются хрупкими, пластично-хрупкими и пластичными. В хрупких и пластично хрупких горных породах с малым коэффициентом пластичности максимум механической скорости бурения достигается при высоких скоростях вращения породоразрушающего инструмента. Хрупкие породы при разрушении истираются и скалываются, поэтому в хрупких породах целесообразно тип породоразрушающего инструмента выбирать в зависимости от предела прочности пород на сжатие и истирания породоразрушающего инструмента.

Несколько примеров по выбору типа долота. Малопластичные аргиллитовые породы разрушают шарошечными долотами типов МС, С, а при наличии в аргиллитовых сланцах трещиноватости выбор типа долота затруднен; здесь предпочтение отдается долотам типа СТ. В процессе разрушения аргиллитовых сланцев VI-VII категорий по буримости нередко случаи, когда рейс пре-

рывается из-за износа вооружения долота при еще работоспособных опорах. В таком случае применяют штыревые долота типа СЗ. Эти долота часто не дают нормируемой проходки, если породы абразивные. Сравнительно низкие механические скорости при бурении штыревыми долотами объясняются тем, что сферическая поверхность штырей в сочетании с неровной поверхностью забоя вызывает вибрацию долота и начинается интенсивный износ опоры.

Очевидно, для разрушения аргиллитовых сланцев высокой трещиноватости целесообразно использовать долота типа СТ дробящего действия. На большинстве разрезов в процессе разрушения песчаников отмечается абразивный износ породоразрушающего инструмента.

В трещиноватых монолитных породах с повышением скорости вращения долота износ вооружения долот изменяется прямо пропорционально частоте вращения. В породах высокой трещиноватости частоту вращения снижают до $60...80 \text{ мин}^{-1}$, а при повышении ее до $120...160 \text{ мин}^{-1}$ глубина внедрения зубьев начинает заметно уменьшаться, появляется вибрация и бурение становится неэффективным. Несмотря на то, что повышение частоты вращения приводит к увеличению числа повреждений забоя скважины зубьями шарошек, разрушительный эффект каждого зуба уменьшается. При работе шарошечного долота шарошки перекатываются по деформируемому забоя, и под действием возникающих крутильных колебаний окружная скорость изменяется от максимума до нуля, уменьшается механическая скорость бурения, породоразрушающий инструмент подвергается действию ударов, и в результате разрушаются зубья шарошек.

При разрушении пород высокой трещиноватости снижают осевую нагрузку и частоту вращения до минимальных значений.

Для бурения пород высокой трещиноватости выбирают определенное соотношение между частотой вращения и осевой нагрузки, табл. 27 (для долот средних диаметров).

Таблица 27. Рекомендуемые режимы бурения

Степень трещиноватости пород	Диаметр долота, мм	Шифр долота	Частота вращения, мин^{-1}	Осевая нагрузка, кН	Расход промывочной жидкости, л/с
Высокая	140	4В-140Т	60-80	20-25	3-4
Средняя	151	1В-151Т	100-120	25-30	4-4,5
Средняя	161	В-161Т	120-160	30-35	4,5-5,5
Малая	190	В-190Т	160-480	50-60	5,5-6,0

Основными показателями выбора соотношения осевой нагрузки и частоты вращения в хрупких породах служат твердость, трещиноватость и абразивность пород. Для разрушения средне-твердых пород средней трещиноватости рекомендуются долота С и СТ, а более крепких пород и повышенной трещиноватости - долота ТК и Т.

При выборе типа породоразрушающего инструмента для разбуриваемых пород повышенной трещиноватости следует учитывать угол падения трещин - пологий, крутопадающий и т. д. Такой показатель (T) будет определять отношение угла встречи породоразрушающего инструмента к плоскости трещиноватости. Значение этого показателя не поддается строго определению, закономерности и расчету, его устанавливают по данным исследования керна материала:

$$T = \beta/l,$$

(10.5)

где β - угол наклона трещины; l - средняя длина трещины в кернах материала.

Коэффициент T принимается равным 0,3...0,8. При крутопадающих пластах, где угол наклона составляет 60...80°, и средней трещиноватости пород коэффициент T принимается равным 0,4...0,6 к общему времени стойкости долот.

В породах малой трещиноватости при угле падения 5...15° рекомендуются шарошечные долота с углом наклона оси цапфы к оси долота 51...52°, а в породах высокой трещиноватости - 55...57°. Смежные венцы шарошек, имеющих угол 55...57°, расположены относительно друг к другу таким образом, чтобы забой при работе долота имел ступенчатую форму и происходило соответствующее перекачивание шарошек по деформируемому забою.

В значительно абразивных и трещиноватых породах VII- IX категорий буримости, в отличие от монолитных нетрещиноватых, величина осевой нагрузки принимается на 25...40% ниже нормальной нагрузки при частоте вращения снаряда от 120 до 80 мин⁻¹. С увеличением осевой нагрузки до 60...80 кН проходка за рейс сокращается на 20...25% по сравнению с нагрузкой 40...50 кН. В породах средней трещиноватости при частоте вращения снаряда 120...160 мин⁻¹ рейсовая проходка на шарошечное долото составляет 5...8 м. В породах средней твердости, нетрещиноватых и малоабразивных механическая скорость повышается до 2,5 м/ч при достаточном числе УБТ для создания осевой нагрузки бурильной колонной труб.

В условиях сложных тектонических нарушений (сбросы и надвиги), когда скважина направлена под острым углом к слоистости, частоту вращения породоразрушающего инструмента снижают до 60...80 мин⁻¹.

В зависимости от свойства горных пород, типа долот, конструкции, глубины, диаметра скважины и состояния бурового оборудования выбирают оптимальный режим бурения - осевую нагрузку, частоту вращения и расход промывочной жидкости. Оптимальную осевую нагрузку устанавливают следующим образом.

После приработки долота на забое (в течение 10...15 мин) нагрузку доводят до максимального значения, достигнутого предыдущим долотом, затем снижают на 10...15%. Если при снижении нагрузки механическая скорость бурения уменьшается, нагрузку вновь повышают до первоначальной, но не превышающей максимальной допустимой для данного типоразмера долота.

Рекомендуемые осевые нагрузки на шарошечные долота малого и среднего диаметра по породам малой трещиноватости приведены в табл. 28.

Таблица 28. Рекомендуемые осевые нагрузки

Диаметр долота, мм	Осевая нагрузка на долото, кН	Диаметр долота, мм	Осевая нагрузка на долото, кН
112	25	172	60
118	25	190	70
132	30	214	80
140	40	243	85
145	45	269	90
151	45	295	95
161	50	320	100

В монолитных горных породах при постоянных значениях осевой нагрузки и частоте вращения с увеличением расхода промывочной жидкости, подаваемой на единицу площади забоя скважины, механическая скорость бурения повышается. Практически установлено, что с увеличением расхода промывочной жидкости механическая скорость бурения возрастает до определённого предела, после чего остаётся постоянной. В пластичных породах максимум механической скорости достигается при малой частоте вращения и значительном расходе промывочной жидкости. При увеличении частоты вращения шарошечного долота механическая скорость может в одних случаях повышаться, а в других - уменьшаться в зависимости от осевой нагрузки и расхода промывочной жидкости.

Осевые нагрузки на основе опытных данных рекомендуется рассчитывать по приведённым в табл. 29 удельным значениям.

Таблица 29. Рекомендуемые удельные осевые нагрузки на долота (даН на 1 см диаметра долота).

Группы пород	Типы долот	
	шарошечные	лопастные
Очень мягкие	-	300-400
Мягкие	300-470	400-570
Средней твердости	470-750	-
Твёрдые	750-900	-
Очень твёрдые	900-1000	-

Частоту вращения долота можно устанавливать с учётом следующих рекомендаций.

1. Бурение мягких глинистых горных пород следует проводить при частоте вращения 200...275 мин⁻¹.

2. Бурение плотных песков, глинистых сланцев, рыхлых песчаников, известняков и подобных по механическим свойствам горных пород средней твердости - при частоте вращения 300...400 мин⁻¹.

3. Бурение крепких и абразивных горных пород – при частоте вращения долота 600...700 мин⁻¹.

Частота вращения долота при бурении гидрогеологических скважин, учитывая геологоразведочную специфику конструкции бурильной колонны и скважины (прочность бурильных труб и их диаметр, зазоры между обсадными и бурильными трубами и др.), во избежание аварийных осложнений не должна превышать 325 мин⁻¹.

Количество промывочной жидкости с учётом практических рекомендаций принято рассчитывать исходя из скорости восходящего потока ω в кольцевом пространстве.

$$Q = 780 \omega (D^2 - d_n^2) \text{ л/сек.} \quad (10.6)$$

Здесь D и d_n – диаметры скважины и бурильных труб в м.

Многолетними опытами установлено, что процесс бурения идет нормально, если $\omega = 0,9...1,3$ м/сек, или несколько выше при бурении в глинах, глинистых сланцах и песках и 0,70...1,0 м/сек при бурении в скальных породах.

Если скорость восходящего потока снижается до 0,5 м/сек, то механическая скорость и проходка на долото резко падают.

Иногда Q л/сек определяется, исходя из удельного расхода Q/F_3 промывочной жидкости.

В случае роторного бурения шарошечными долотами следует пользоваться соотношением

$$Q = (0,057-0,065) F_3. \quad (10.7)$$

Здесь F_3 площадь забоя скважины в см².

В табл. 30 приводятся расчётные значения Q л/сек для бурения долотами различных моделей. Практически Q устанавливается в соответствии с конкретными геолого-техническими условиями.

Таблица 30. Расчётные значения подачи промывки

Модель долота	Диаметр долота, мм					
	140	190	215	243	270	295
М, С	12-15	23-25	25-29	29-35	36-40	40-46
Т, К	10-12	21-24	24-27	27-33	33-38	38-44

При бурении лопастными долотами количество подаваемой жидкости должно соответствовать подаче промывки для долот типа М соответствующих диаметров.

Бурение скважин с разбуркой – это часто применяемый в практике метод при необходимости бурения скважин большого диаметра и невозможности создать необходимую осевую нагрузку в начальных интервалах скважины. Бу-

рение осуществляют малым диаметром, обычно с отбором керна, а затем эти интервалы разбуривают долотом большого диаметра.

10.5. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙ

Аварии при бурении скважин на воду, как и при колонковом бурении, несмотря на свою неповторимость отличаются общими признаками. Так по видам их можно выделить в следующие группы: 1) обрывы бурильных труб; 2) прихваты породоразрушающего инструмента; 3) поломки инструмента; 4) аварии с обсадными трубами; 5) аварии с фильтрами; 6) и другие.

Причинами аварий являются различные факторы. Технические факторы – несоответствие используемых средств своему назначению и геолого-техническим условиям. К ним относится породоразрушающий инструмент, конструкция скважины, бурильные трубы, грузоподъемность оборудования, его сверхнормативная изношенность. Серьёзным нарушением является отсутствие в составе снаряда противоаварийных средств, например, противоаварийных замков. Технологические – неправильный выбор режимов бурения: осевого давления, частоты вращения, расхода и рецепта промывочной жидкости и др. Геологические – обрушения стенок скважины и вывалы породы, трещиноватость пород с потерей циркуляции жидкости, повышенная кавернозность стенок скважины. Организационные – незапланированные перерывы в энерго-снабжении, перебои в доставке воды и глинистого раствора, отсутствие запаса бурового инструмента и диспетчерской связи.

Наиболее частые аварии связаны с обрывами бурильных труб.

Для предупреждения аварии с обрывами бурильных труб необходимо: при- менять бурильные трубы, соответствующие по своей прочности выбранному режиму бурения (или рассчитывать режим бурения в соответствии с прочностью труб); применять во всех возможных случаях УБТ для создания осевой нагрузки на инструмент; проводить систематическое калибровку бурильных труб и осмтр их соединений (частоту проверок определяют в зависимости от условий работы, глубины скважины и степени износа бурильной колонны); обеспечивать условия складирования и транспортировки бурильных труб, не допускающие их порчу (особенно резьбовых соединений); проводить систематическую проверку состояния спуско-подъёмного инструмента, механизмов для свинчивания и развинчивания труб; не допускать аномального искривления скважины; применять контрольно-измерительную и защитную аппаратуру.

Одной из причин обрывов бурильных труб являются прихваты бурового снаряда. Для предупреждения этого вида аварий в проекте бурения скважины должны быть предусмотрены режимы бурения и дополнительные меры, исключающие возникновение осложнений. Соблюдение режима промывки забоя и применение специальных промывочных растворов для укрепления стенок скважины всегда даёт положительный результат.

При обрыве бурильной колонны необходимо установить причину, место и характер излома поднятой части бурильной колонны. При сложных изломах или «завалах» спускают печать, по отпечатку определяют аварийную ситуацию и выбирают необходимый аварийный инструмент.

Печать служит для обследования скважины на той глубине, где находится поврежденный аварийный инструмент, и выяснения его положения в скважине путем получения пластического отпечатка.

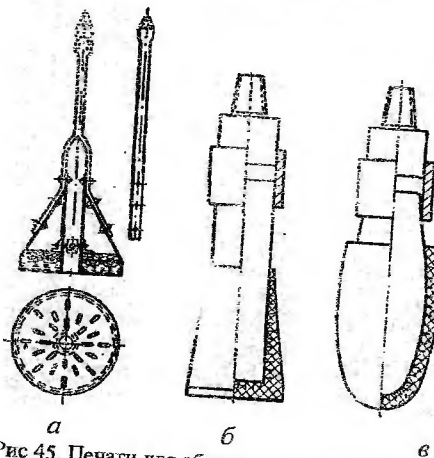


Рис 45. Печати для обследования скважины

Печати бывают разнообразной формы. Они могут иметь вид деревянной тарелки, рис.45а или б, прикрепленной к деревянной пробке, вбиваемой в конец короткой штанги. Нижнюю поверхность такой тарелки покрывают пластичной массой (из канифоли со смолой и минерального масла), для лучшего прикрепления которой следует предварительно набить на тарелку мелких гвоздей. Печать может иметь также вид груши, прикрепленной верхней своей частью к деревянному цилиндру, и покрытой такой же пластичной массой, рис.45в.

Если бурильная колонна не прихвачена породой, спускается правый метчик или колокол (в зависимости от формы обрыва) и после соединения его с оставшейся частью колонны производится её подъем из скважины. Возможные осложнения в этом случае: уход оставленной в скважине части бурильной колонны в сторону (при наличии каверн в стенках скважины); расклинивание бурильными трубами, их частями и соединениями (двойной обрыв, падение бурильных труб и соединений). Способы ликвидации – применение отводных («счастливых») крюков, соединение с отдельными элементами и попытки извлечь их поочередно; разбуривание зоны расклинивания до накрытия расклиненного инструмента колонковой трубой; цементация интервала у верхнего конца бурильной колонны с последующим разбуриванием завала скважины и освобождение бурового инструмента.

При обрыве бурильной колонны в результате прихвата для его ликвидации спускается аварийный метчик (или колокол) на бурильных трубах с левой резьбой и после соединения с оставшейся частью бурильных труб вращением влево производят их отворачивание по частям от колонковой трубы. Возможные осложнения и способы их ликвидации те же, что и в предыдущем случае.

При невозможности соединения с оставшейся частью бурильной колонны метчиком или колоколом из-за формы обрыва (косой слом с малым углом; развальцевание краёв трубы) для соединения может быть применена труболовка, а при невозможности ее применения – обуривание колонны.

Разновидностью обрыва является развинчивание бурильных труб. Необходимо все резьбовые соединения надежно затягивать, что обеспечивается с помощью трубразворота двумя-тремя калиброванными ударами водила по вилке. Следует своевременно отбраковывать изношенные резьбы, напорачиваемые с люфтом. В зимний период нельзя спускать в скважину колонну без предварительного разогрева обмерзлых замковых соединений. Если низ снаряда быстро заторможен заклинкой керна, прихватом или прижогом керонки, то бурильная колонна закручивается подобно пружине. После остановки вращателя средняя часть колонны под действием упругих сил начинает вращаться в обратном направлении, развинчивая трубы в одном или нескольких соединениях.

Обрывы колонковых труб наблюдаются в основном в зоне верхней резьбы ввиду интенсивного износа абразивным шламом. Рекомендуется на переходник наваривать твердым сплавом стабилизирующие ребра для защиты колонковой трубы от повышенного износа.

Во избежание развертывания низа обсадных труб при бурении, свинчивание резьбы рекомендуется производить на разогретой канифоли со смолой или прихватом точечной сваркой нижних звеньев. Нельзя вести бурение при подвесе обсадной колонны на хомуте, без надежного упора башмака в породу или без его цементации.

Прихваты и затяжки бурильных колонн. Этот вид аварий наиболее тяжело поддается ликвидации, дает наибольшее число осложнений. Для их предупреждения необходимо выполнять ряд требований: не допускать накопления и оседания шлама в скважине, для чего применять промывочные жидкости, соответствующие условиям бурения; устраивать циркуляционную систему, обеспечивающую очистку раствора; проводить спуск инструмента в нижней части ствола скважины с промывкой и вращением; проводить специальную очистку скважины от шлама (в конце каждого рейса); систематически осматривать бурильную колонну с целью выявления мест утечки промывочной жидкости; своевременно перекрывать обсадными трубами зоны неустойчивых пород и поглощений; подбирать промывочные жидкости, способствующие укреплению стенок скважины, и тампонажные смеси для ликвидации поглощений промывочной жидкости; прорабатывать ствол в зоне затяжек; спуск и подъем в этих интервалах проводить с вращением и интенсивной промывкой растворами с пониженной водоотдачей; не оставлять буровой снаряд на длительное время на забое или в призабойной зоне при прекращении вращения и промывки.

При обнаружении прихвата необходимо выяснить возможность вращения бурильной колонны и наличие промывки в призабойной зоне. Если имеются вращение и промывка, следует пытаться поднять колонну с вращением при максимально возможной промывке. При наличии промывки можно применить поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые снижают слипаемость гли-

нистых частей. Этот способ особенно эффективен для предупреждения прихватов в вязких пластичных породах (глины).

При невозможности подъема с вращением и интенсивной промывкой следует ликвидировать прихват натяжкой колонны лебедкой или гидравлической станка. Если эти меры не дают положительного эффекта, необходимо отвернуть бурильные трубы от переходника и колонковой трубы. Эту операцию производят бурильными трубами с левой резьбой и колоколом.

После подъема бурильных труб из скважины производят обуривание колонковой трубы или разбуривают керн внутри ее с дальнейшим бурением скважины коронками меньшего диаметра. При невозможности обуривания или разбуривания колонковой трубы можно разрезать ее и поднять частями.

Для устранения прихватов бурового снаряда применяют также погружной гидравлический вибратор, который с присоединенным ловильным инструментом опускается в скважину, стыкуется с верхним концом прихваченного бурового снаряда и работает в быстроударном вибрационном (или в комбинированном) режиме, что достигается регулировкой клапанов. При тяжелых прихватах (оставление в скважине прихваченной колонковой трубы и заваленных бурильных труб и невозможность извлечь их) авария ликвидируется забуриванием второго ствола с помощью постановки клина.

Наиболее частые осложнения при ликвидации прихватов: обрывы бурильных труб и их соединений при вращении и натяжках; вторичные прихваты и обвалы стенок скважины при разбуривании или обуривании колонковой трубы; обвалы стенок скважины при разбуривании заваленных бурильных труб.

Падение посторонних предметов в скважину. Извлечение посторонних предметов может производиться различными ловушками, обуриванием с возможности извлечения или разбуривания предметов (уничтожением предмета). При неотжать их в стенки скважины (в мягких и средней твердости породах) с последующим перекрытием этого места обсадными трубами с поверхности или впопыхай. В ряде случаев забуривают новый ствол выше места нахождения этого предмета. Если упавший предмет явился причиной заклинивания находящегося в скважине бурового снаряда, то ликвидировать эту аварию следует методами, применяемыми при ликвидации прихватов.

Осложнения в скважинах при бурении. Осложнения – затруднение углубки скважины, вызванное нарушением целостности стенок скважины или другими геологическими причинами. Осложнения становятся причиной аварий. В качестве осложнений могут быть: образование трещин, каверн и желобов, набухание пород, сужение ствола скважины, вытекание, осыпание и обрушение пород.

Наличие больших трещин и каверн приводит к потере циркуляции, возможному обрушению пород и, как следствие, прихвату снаряда. Необходимо проведение периодически кавернометрии, тампонажа опасных участков и как наиболее надежное – обсадка скважины трубами.

Желоб – продольное углубление в стенке скважины, образуется в неустойчивых породах при спуско-подъемных операциях и при вращении изогнутой

бурильной колонны вокруг своей оси. Ширина желоба зависит от диаметра замкового соединения. Особенно часто желоба появляются в наклонных и искривленных скважинах. Увеличение сечения скважины проводит к скоплению в этой зоне шлама и образованию сальников.

Некоторые породы при контакте с жидкостью склонны к разбуханию (монтмориллонит) и уменьшению сечения скважины, что приводит к прихвату инструмента. Необходима частая проработка этого участка и крепление обсадными трубами.

Борьба с вытеканием разжиженной породы (плывун), осыпанием и обрушением стенок ведется путем применения глинистого высококачественного раствора или обсадкой скважины трубами.

Аварии с обсадными трубами. Наиболее частыми случаями являются саморазвинчивание низа труб в процессе бурения, обрывы и прихваты обсадных труб при их подъеме или обнажении фильтра.

Для предупреждения аварий при спуске обсадных труб все резьбовые соединения смазывают расплавленной канифолью, варом или суриком. Башмак обсадной колонны должен быть упёрт и задавлен в плотную породу или зацементирован.

Прихваченную обсадную колонну пытаются поднять двойной тягой – в скважину опускают труболовку на бурильных трубах возможно большего диаметра, а затем домкратами поднимают одновременно трубы обсадные и бурильные. При невозможности подъема всей колонны используют труборезки и извлекают трубы по частям. Для подъема отдельных оторвавшихся или отрезанных труб используют ловильные метчики.

Для исправления вмятин и уступов используют фрезеры или райберы.

Нередки случаи, когда не удаётся обнажить фильтровую часть скважины. Если технологические меры не приносят результата, то производят перфорацию труб стреляющими кумулятивными зарядами или скважину торпедируют.

10.6. ЛИКВИДАЦИОННЫЙ ТАМПОНАЖ

После окончания бурения разведочной скважины проводят ликвидационный тампонаж, цель которого состоит в том, чтобы устранить возможность циркуляции подземных вод по стволу скважины после извлечения колонны обсадных труб. При выполнении работ по ликвидационному тампонируванию, имеющему важное значение для охраны недр следует руководствоваться утвержденными инструкциями и правилами, действующими в данном регионе.

В зависимости от геологических и гидрогеологических условий для ликвидационного тампонирувания применяют специальные глинистые растворы, глину или цемент.

При ликвидации неглубоких скважин, не вскрывших водоносные горизонты, ограничиваются заливкой в скважину загущенного глинистого раствора.

В скважинах, вскрывших водоносные горизонты, ликвидационное тампонирувание осуществляют глиной, доставляемой на забой скважины с помощью колонкового снаряда.

Ликвидационное тампонирование цементом применяют в случаях, когда водонесные горизонты находятся в кровле или в почве залежи полезного ископаемого, а также при пересечении скважиной напорных вод с самоизливом (фонтанирующих).

Если скважина бурили с применением глинистого раствора, ее предварительно промывают водой для разглинizations. Цементный раствор нагнетают насосом через бурильные трубы, которые по мере заполнения скважины раствором поднимают от забоя.

В случае цементации скважины, встретившей напорные воды, сначала утяжеленным глинистым раствором заглушают фонтанирование, а затем производят ее цементирование.

На устье ликвидированной скважины устанавливают репер - отрезок обсадной трубы с цементной пробкой, на котором обозначены номер скважины, ее глубина, название организации и дата окончания бурения.

11. УДАРНО-КАНАТНОЕ БУРЕНИЕ

11.1. СТАНКИ И БУРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ

При бурении скважин большим начальным диаметром, в сложных геологических разрезах с неустойчивыми стенками скважин, в разрезах с низким пластовым давлением, районах недостаточно изученных в гидрогеологическом отношении применяют ударно-канатное (механическое) бурение.

При бурении скважин на воду с помощью ударно-канатного станка производятся следующие основные операции: разрушение породы на забое (долбление), чистка скважины от бурового шлама (тартание) и крепление стенок скважины обсадными трубами. Все эти операции разделены во времени.

Ударно-канатным способом производят бурение скважин с начальным диаметром 200...900 мм и глубиной 100...150 м в геологических разрезах, требующих крепления стенок скважин обсадными трубами. Возможно бурение до глубины 500 м.

В соответствии с выполняемыми операциями при бурении скважин станки ударно-канатного бурения оснащены следующими основными узлами: 1) балансиром (долбежный узел); 2) инструментальным барабаном; 3) желоночным барабаном; 4) главным валом, от которого приводятся в действие перечисленные узлы. В станках, рассчитанных на бурение глубоких скважин, имеется еще талевый барабан для спуска и подъема колонны обсадных труб. Все основные узлы, мачта и двигатель, монтируются на общей раме станка.

При бурении скважин на воду ударно-канатным способом в основном применяются станки типа УГБ-ЗУК и УГБ-4УК (модификации станков УКС-22М1 и УКС-30М1). Ниже, в таблице 12, приведены характеристики этих станков.

Таблица 12. Техническая характеристика установок

Параметры установки	Тип станка	
	УГБ-ЗУК	УГБ-4УК
Глубина бурения, м	300	500
Начальный диаметр скважины, мм	600	900
Наибольший вес инструмента, кН	12	25
Ход инструмента, м	0,50-0,80	0,50-0,80
Число ударов в мин ⁻¹	40,50	40,50
Высота мачты, м/грузоподъемность, кН	13,0/120	16,0/250
Мощность э/двигателя, кВт	22	40
Масса станка, кг	7000	11200
Грузоподъемность барабанов, кН:		
инструментального	20	30
желоночного	12	20
талевого	20	30
Средние скорости навивки каната на барабан, м/с:		
инструментального	1,0	1,2
желоночного	1,8	1,6
талевого	1,0	1,2

Ударный снаряд подвешен на канате, который подаётся с инструментального барабана. Снаряд при долблении поднимается и сбрасывается с помощью балансира - оттяжного механизма станка. При сбросе снаряд под действием собственного веса падает вниз, разрушая породу на забое. По мере углубления скважины бурильный канат стравливают с инструментального барабана, осуществляя подачу долота. Пробуриив некоторый интервал скважины, прекращают долбление и приступают к очистке забоя. Эту операцию выполняют желонкой, спускаемой в скважину на желоночном канате с желоночного барабана. После очистки скважины продолжают долбление или приступают к креплению скважины - неустойчивые интервалы закрепляют обсадными трубами. Применяемые типоразмеры труб приведены выше.

Буровой снаряд для ударного бурения состоит из долота, ударной штанги, ножиц (ясы) и канатного замка (ропсочет).

Долота применяются следующих типов: плоские, двутавровые, зетовые, округляющие, крестовые, пирамидальные и эксцентричные, рис.46. Тип долота определяется характером проходимых пород. Угол заточки (атаки) зависит от твердости буримых горных пород.

Плоское долото с клинообразным лезвием - для мягких пород; в стволе скважины могут оставаться выступы, мешающие спуску обсадных труб.

Двутавровое долото - для вязких пород; по бокам имеются ребра, образующие двутавровое сечение; сечение образующейся скважины - близкая к кругу.

Зетовое долото - для средние твердых трещиноватых пород; выступающие отогнутые ребра препятствуют заклиниванию долота.

Округляющее долото - для твердых пород; боковые стороны долота защищают лезвие от износа; сечение скважины - ровный круг.

Крестовое долото - для твердых трещиноватых пород и валунно-галечных отложений; расположение лопастей препятствует заклиниванию его в трещинах.

Пирамидальное долото - для сдвигания валунов в сторону при бурении валунно-галечных отложений.

Эксцентричное долото - для расширения ствола скважины под башмаком обсадной колонны, сдвигания некрупных валунов от ствола скважины.

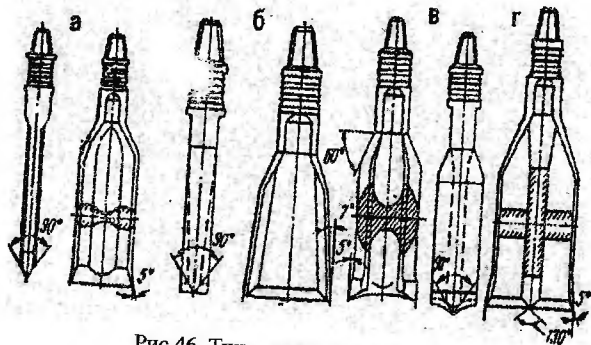


Рис.46 Типы долот для ударного бурения
а-плоское; б-двухтавровое; в- округляющее; г-крестовое

Длина лезвия, изготавливаемых долот, составляет 145...695 мм; масса -- 40...1400 кг. Основные типоразмеры долот приведены в табл. 13.

Таблица 13. Основные типоразмеры долот ударного бурения

Размер резьбы, мм	Плоское долото		Двухтавровое долото		Округляющее долото		Крестовое долото	
	Диаметр, мм	Масса, кг	Диаметр, мм	Масса, кг	Диаметр, мм	Масса, кг	Диаметр, мм	Масса, кг
50x76	145	42	148	42	145	85	145	66
69x95	195	70	198	70	195	120	195	140
82x107	245	120	248	93	245	200	245	210
82x107	295	140	298	120	295	310	295	230
101x127	345	180	345	180	345	370	345	350
101x127	395	220	395	200	395	398	395	440
107x152	445	280	445	320	445	596	445	580
107x152	495	340	495	400	495	700	495	690
107x152	595	450	595	440	595	900	595	980
107x152	695	520	695	520	695	1400	-	-

Ударная штанга, табл. 14, предназначена для увеличения силы динамического удара инструмента и сохранения вертикального направления буровой скважины. Ударные штанги имеют длину 2000, 4000 и 6000 мм; диаметр 110-220 мм; массу 180-1300 кг.

При бурении россыпных месторождений для забивки опережающей обсадной колонны одновременно с углубкой скважины, применяют дополнительно в составе снаряда забивную полуштангу и ударную головку.

Для удаления с забоя разрушенной породы и при проходке пластов пльвуна используется желоночный снаряд в следующем составе: желонка, ножницы и канатный замок. Иногда добавляют короткую ударную штангу (полуштангу).

Одностворчатая желонка с плоским клапаном - основной универсальный тип этого инструмента, табл. 15, рис. 47 а, применяется для отбора с забоя скважины крупнозернистого шлама и при проходке несвязных пород.

Желонка с полусферическим клапаном и языком, табл. 15, рис.47 б, применяется для отбора в забое разжиженного шлама и при проходке песков. Полусферический клапан обеспечивает плотное закрытие желонки, а язык обеспечивает открытие клапана при ударе о забой и способствует рыхлению породы.

Поршневая (вакуумная) желонка используется при бурении обводнённых песков и пльвунов, а также при разведке россыпных месторождений.

Размерный ряд желонки имеет диаметры (по башмаку) 120...540 мм; длину 3200...6200 мм; массу 100...800 кг.

Таблица 14. Основные типоразмеры ударных штанг

Диаметр, мм	Длина, мм	Номиналь- ный размер резьбы, мм	Масса штанг, кг	
			гладко- стволь- ных	с выса- женными концами
110	6000	50x76	460	270
110	4000	50x76	303	183
140	6000	69x95	704	400
140	4000	69x95	464	272
165	6000	82x107	990	630
165	4000	82x107	600	380
165	2000	82x107	320	-
188	6000	101x127	1290	790
188	4000	101x127	845	545
188	2000	101x127	410	-
220	4000	107x152	1120	670
220	2000	107x152	530	910

Таблица 15. Основные типоразмеры желонки

Диаметр, мм		Длина, мм	Масса, кг
башмака	корпуса		
Одностворчатые желонки			
120	114	6175	95
173	168	4475	181
225	219	4550	248
285	273	4590	334
335	325	4580	409
390	377	4720	522
435	426	4800,	635
540	529	3900	800
Желонки с конусообразным клапаном			
130	127	3230	84
172	168	3240	115
224	219	3450	200
280	273	3450	248

Забивной стакан применяется при необходимости отбора пробы горной породы в рыхлых сыпучих породах. Стакан изготавливают из трубы с продольной прорезью для облегчения отбора и выемки породы. Нижняя часть стакана имеет башмак с упрочненной режущей кромкой и скосом внутрь стакана. Для удержания разрушенных и сыпучих пород наконечник снабжают паукообразным лепестковым кернодержателем или откидным клапаном. Для забивки в породу стакан соединен с ударным патроном. Ударный патрон состоит из наковальни, навинченной на корпус стакана и трубчатого корпуса, в котором перемещается ударная полуштанга, соединенная с канатом. В процессе бурения ударную полуштангу сбрасывают на наковальню, в результате чего и происходит углубка стакана в грунт.

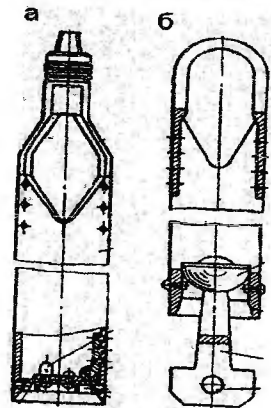


Рис. 47. Желонки

Канатный замок - устройство для соединения каната с инструментом обеспечивает благодаря наличию втулки поворот инструмента при его подъеме после удара о забой. Для этого используется канат прямой левой свивки, который при подъеме под действием веса инструмента растягивается и раскручивается, проворачивая инструмент вправо. В момент удара инструмента о забой под влиянием упругости ветвей канат сжимается и закручивается, проворачивая втулку в корпусе замка влево. Угол поворота долота после каждого удара тем больше, чем тяжелее буровой снаряд, чем тоньше и длиннее канат. Для желоночных и талевых канатов обычно выбирают

канаты крестовой свивки. Вместо канатного замка на практике часто применяют вертлюжную пробку с серьгой.

Ножницы состоит из двух звеньев, соединенных «в цепочку» и скользящих одно в другом. Рабочий ход звена составляет 250 мм, аварийный - 500 мм. В момент удара долота о забой верхнее звено опускается, а при подъеме ударяет по верху нижнего звена, облегчая отрыв долота от забоя и выбивание снаряда - в случае его прихвата в вязких и трещиноватых породах.

Расширитель, рис. 48, служит для расширения скважины за башмаком обсадной трубы с целью спуска обсадной колонны или для увеличения полости (зоны) водопритока и размещения обсыпки. Расширитель размещается между долотом и ударной штангой. Резцы раскрываются под действием пружины и срезают породу при сбрасывании снаряда.

Инструментальные ключи используют для свинчивания и развинчивания резьбовых соединений в буровом инструменте. Учитывая ударные нагрузки, требуется затяжка резьб с усилием на рукоятке ключа не менее 30 кН. Ключи выпускаются с размером зева: 84, 102, 128, 140, 152 и 200 мм. Для затяжки используют трещотка.

Аварийный инструмент предназначен для ликвидации аварий и осложнений в ударно-канатном бурении. При обрыве каната - *ерши однорогий и двурогий, вилка ловильная, штыпор ловильный*; при разъединении резьбовых соединений инструмента - *колокол*,

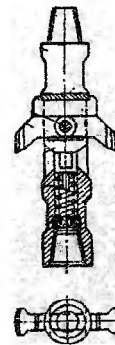


Рис. 48. Расширитель.

шлиц; при обвалах и прихватах снаряда - *канаторезка*; прихваты и обрывы труб - *труболовка, труборезка*; при извлечении мелких предметов - *паук, ловушка магнитная*. Для усиления динамики удара при выбивании снаряда применяют *ножницы (ясы) аварийные*.

11.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ БУРЕНИЯ

Эффективность ударно-канатного бурения зависит от крепости горных пород, диаметра скважины, веса бурового снаряда, высоты его подъема и скорости его падения, частоты ударов бурового снаряда о забой, угла заострения лезвия долота, качества очистки забоя от шлама.

В зависимости от крепости горных пород применяют долота различных конструкций. Так, при бурении крепких и средне-твердых пород применяют округляющее долото, при бурении пород средней крепости - двутавровое, при бурении мягких пород - долото плоское.

В зависимости от крепости пород принимают следующие углы заострения лезвия долота (градусы):

Крепкие	100... 140
Средней крепости	90 ... 100
Мягкие	60 ... 80

Интенсивность разрушения породы забоя зависит от силы удара, величина которой определяется весом снаряда и скоростью его падения. Чем крепче по-

рода, тем больше должны быть вес снаряда и скорость падения. Последнее зависит от высоты подъема и частоты ударов снаряда.

На основании опытных данных вес бурового снаряда (даН), приходящийся на 1 см длины лезвия долота, в зависимости от крепости пород, принимается следующим:

Мягкие	25... 40
Средней крепости	40... 50
Крепкие	50... 70
Весьма крепкие	70... 90

Высота сбрасывания снаряда в зависимости от крепости и вязкости пород принимается в пределах 300...1000 мм. Частота ударов в мин^{-1} (45...60) зависит от глубины скважины и высоты сбрасывания. Угол поворота бурового снаряда с учетом крепости породы изменяется от 20 до 50°; чем крепче порода, тем угол поворота меньше. Частота ударов определяется по следующей зависимости:

$$n = 21\sqrt{g/h}, \quad (11.1)$$

где g — ускорение падения снаряда в скважине с учетом гидравлических и других сопротивлений, принимаемое 5...6 м/с^2 .

Длина каната должна быть отрегулирована так, чтобы при данной частоте ударов инструмента сила удара долот была максимальной. При недостаточной длине каната часть энергии остается неиспользованной; при излишней длине происходят сильные рывки каната, что неблагоприятно сказывается на работе станка.

Если долото, внедряясь в породу, несколько заклинивается, то также возникают рывки. В этом случае применение ножниц облегчает работу каната и способствует быстрейшему освобождению бурового снаряда. Если при работе происходят частые и сильные захваты, то следует собрать буровой снаряд по следующей схеме: долото — рабочая ударная штанга — ножницы — верхняя выбивная штанга (полустанга) — канатный замок. Чем массивнее выбивная штанга, тем сильнее удар выбивания. Чтобы скважина имела правильное круглое сечение, необходимо применять самовращающийся канатный замок. Левое направление свивки каната обеспечивает вращение инструмента по ходу резьбы, что препятствует развинчиванию инструмента во время работы.

Применение ножниц и эластичного каната создает условия, близкие к свободному падению снаряда на забой, что способствует более эффективному разрушению пород.

В скважине обычно ставятся несколько колонн обсадных труб. Каждая последующая колонна входит в предыдущую, имея диаметр на 50...100 мм меньше. Выход колонны из под башмака предыдущей составляет обычно 40...50 мм. При наиболее распространенной глубине скважин (100 м), проходимых ударно-канатным способом, скважины имеют двух-трехколонную конструкцию.

В рыхлых породах бурят с одновременным креплением скважины обсадными трубами. Рекомендуется применять желонку тяжелого типа без башмака. Иногда в дополнение к желонке используют легкую ударную штангу и ножницы. Частота

ударов (бурового снаряда в мин^{-1} не должна превышать 50 при подъеме бурового снаряда на высоту 0,6...0,7 м (но не более 1 м).

Глины подразделяются на плотные, крепкие, вязкие, слабопесчаные и т. п. В зависимости от состава глин применяют и технологию их бурения.

Плотные глины и песчано-глинистые породы проходят плоским долотом с подливом воды. Долотом разрыхляют глину, а затем забой чистят желонкой. Применяют и желонки тяжелого типа со снятым башмаком и клапаном. Желонку целесообразно применять вместе с легкой ударной штангой и ножницами. При засасывании желонки породой ножницы способствуют ее освобождению. Для ускорения проходки крепких вязких глин в скважину засыпают по два ведра крепкого щебня на рейс. Если с желонки снимают башмак, то в этом случае ее поднимают на 2...3 м и с этой высоты сбрасывают на забой. Во время чистки желонкой в скважину после каждого подъема желонки подливают воду. Частоту ударов бурового снаряда (долота, желонки) при бурении в глинах можно довести до 40...50 в мин^{-1} при подъеме бурового инструмента на высоту до 1 м.

В песках бурят желонкой с плоским клапаном. Приблизительно 1/3 желонки по длине должна оставаться в трубах, иначе желонку может заклинить. Диаметр желонки обязательно должен быть меньше внутреннего диаметра труб минимум на 10 мм. При проходке песков, рекомендуется в скважину подбрасывать жирную глину, которая способствует связыванию частиц песка с глиной, что ускоряет процесс углубления. В процессе крепления скважины трубами необходимо посадку обсадных труб проводить одновременно с бурением.

При проходке водонасыщенных песков-плывунов в мелкозернистых песках бурят желонкой с обязательным одновременным креплением ствола трубами. Частота ударов желонкой не должна превышать 30 в мин^{-1} . Как только желонка заполнится породой примерно на 1/3 своей высоты, ее начинают приподнимать, не прекращая посадку труб. При этом происходит подсос песка в трубы, а трубы под собственным весом погружаются. При проходке средне- и крупнозернистых песков, а также песков с примесью гравия, щебня и гальки применяется бурение с опережением забоя обсадными трубами. После забивки труб в целик из них извлекают породу желонкой. Во время бурения в песках производят подъем желонки над забоем до 1 м при частоте ударов 35 в мин^{-1} .

При бурении в песках-плывунах последние часто поднимаются в трубах выше башмака. Во избежание прихвата желонки пловуном нельзя оставлять ее на забое без движения. Чтобы не происходило переливание песка-плывуна через верх желонки, ее следует извлекать из скважины, не заполняя полностью. Перекрытие пловуна обсадными трубами — важная задача. Нельзя прерывать процесс до полного окончания цикла всей работы, иначе пловун будет подниматься вверх и непрерывно заполнять ствол скважины.

Для прохождения пловуна применяют поршневою желонку с одновременной посадкой труб. Нельзя допускать в пловунах перехода с одного диаметра колонны труб на другой, так как в этом случае песок, попадая в кольцевой зазор между трубами, вызывает их заклинивание и дальнейшая посадка труб прекращается. Для уменьшения напора пловуна вверх, ствол скважины

необходимо заполнять водой для создания противодействия. Часто при посадке трубы вначале идут вниз свободно, но потом их погружение замедляется или прекращается. В этих случаях трубы следует «раскашивать», поворачивая слева направо, и одновременно забивать. Несоблюдение необходимых мер предосторожности при проходке пливунов вызывает отклонение обсадных труб от вертикали и обвал кровли над пливунами. При проходке пливунов рекомендуется частота ударов инструмента до 30 в мин^{-1} .

В галечниках применяют желонку с обычным плоским клапаном. Высота кольца башмака должна составлять 20...25 мм. В скважину следует подбрасывать жирную пластичную глину. Вслед за углублением скважины необходимо крепить - в процессе работы трубы должны находиться на весу. При работе желонкой необходимо следить, чтобы она не переполнялась, не выходила ниже башмака труб и не было выброса галечника через верхний край желонки. При бурении в этих породах периодически применяют долото плоского типа, которое разрыхляет породу и способствует смешиванию забрасываемой в скважину жирной глины. При бурении в галечниках работу желонкой осуществляют не сильными, но частыми ударами (40...45 в мин^{-1}) при высоте подъема 0,8...1 м.

Для разрушения больших по размеру валунов применяют тяжелые округляющие долота. С помощью второй ударной штанги можно утяжелить снаряд, а пирамидальным долотом сдвинуть валун в сторону. Чтобы предупредить искривление скважины, подсыпают щебенку размером 4,5...6 см.

Очень важно, как можно скорее, перекрыть обсадными трубами зоны валунов. Для ускорения проходки крупных валунов применяют взрывные работы. На время взрыва рекомендуется приподнять обсадные трубы.

При работе буровым снарядом тяжелого типа высота его подъема должна быть максимальной, а число ударов в пределах 40 в мин^{-1} .

При бурении в твердых породах - глинистых сланцах, песчаниках, известняках следует применять долота округлого типа с максимальной массой, создаваемой одной или двумя ударными штангами и ножницами. При работе округлым долотом следует периодически проверять сечение скважины, чтобы не допустить сужения ее ствола. Важно следить за тем, чтобы канат имел постоянное натяжение. В противном случае наблюдаются рывки каната и удар снаряда по забою будет неэффективен. По мере накопления на забое бурового шлама скорость проходки в крепких породах уменьшается, так как часть силы удара поглощается разрушенной породой. Поэтому чистить забой скважины следует через каждые 0,5 м бурения.

Ствол скважины должен иметь округлую форму. Износ долота способствует сужению скважины; при износе на 3 мм лезвие долота следует заменить. Новым долотом начинают обработку ствола скважины приблизительно на 2 м выше суженного места. При бурении в крепких породах важно, чтобы при свинчивании бурового инструмента резьба была затянута до отказа (до стыка заплечиков). При отсутствии воды в скважине для нормальной работы долота, а также для облегчения очистки забоя желонкой следует заливать воду из рас-

чета 1/3 объема образовавшегося шлама. При прекращении бурения снаряд следует поднять выше шламового осадка. Частота ударов по забою около 60 в мин^{-1} при высоте подъема 1 м и более. В закарстованных породах также рекомендуется применять округляющие долота с частотой ударов до 60 в мин^{-1} при высоте подъема не более 0,5 м.

В мелах рекомендуется применять желонку тяжелого типа, при этом с нее следует снять башмак с клапаном. При отсутствии такой желонки можно использовать желонку обычного типа, но утяжелить ее при помощи ударной штанги. Если мел крепкий, то его следует предварительно разрыхлять легким плоским долотом, подливая воду. Число ударов долота 40 в мин^{-1} при высоте подъема 0,5 м.

При бурении в многолетнемёрзлых породах, чтобы избежать прихватавания снаряда в скважине и облегчить посадку обсадных труб, необходимо в скважину подливать горячую воду, растворив в ней немного соли (1 кг соли на 2...3 ведра воды на 1 м проходки). Если подливать большее количество воды, то это будет способствовать обледенению бурового снаряда, сужению ствола скважины и осложнению работ при посадке обсадных труб. Через каждые 0,5 м бурения скважину следует чистить желонкой. Очень важно, чтобы буровой снаряд находился все время в движении; даже незначительная остановка в бурении приводит к образованию ледяных пробок и схватыванию снаряда с породой.

11.3. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙ

Характерные аварии в ударно-канатном бурении связаны с оставлением в скважине различного рода бурового инструмента. Это может произойти при развинчивании соединений бурового снаряда в скважине, поломке инструмента или обрыве каната. Развинчивание резьбовых соединений чаще всего происходит из-за отсутствия должного контроля за их работой. Ударный снаряд испытывает динамические знакопеременные нагрузки, которые могут вызвать самопроизвольное развинчивание инструмента. При сборке снаряда резьбовые соединения тщательно очищают от грязи, смазывают и прочно затягивают. Соединение считается непригодным, когда зазор между соединёнными деталями выбран полностью.

Поломка бурового инструмента или обрыв каната может произойти из-за неисправности инструмента или вследствие прихватов, часто вызванных геологическими причинами (вывалы пород и др.).

Для ликвидации аварии, необходимо точно знать размеры инструмента, характер и вид обрыва или поломки в сечении скважины, глубину скважины и иметь на буровой соответствующий ловильный и аварийный инструмент.

При ликвидации тяжелых аварий следует пользоваться специально предназначенным для этого более прочным аварийным канатом. Собирают ловильный снаряд в следующем порядке: ловильный инструмент, аварийные ножницы, ударно-выбивная штанга, канатный замок. Аварийные ножницы отличаются от рабочих большей длиной хода. Если буровой снаряд сильно прихвачен, его из-

влекают с помощью специального инструмента с аварийным канатом. Для этого по рабочему канату в скважину спускается канаторезка, соединенная с ножницами и отбойной штангой, с помощью ее рабочий канат отрезается у канатного замка.

Канаторезка состоит из стержня, обоймы, на наклонной стенке которой имеются направляющие со скользящим по ним ползунком с ножом. Перед тем как канаторезку надевают на обрезаемый канат, обойму снимают. После того как рабочий канат обрезан, в скважину на аварийном канате спускают ловильный снаряд со шлипсом. Легкими ударами ударной штанги и аварийных ножниц шлипс набивают на аварийный канатный замок. Шлипсовые плашки захватывают своими кольцевыми выточками наружную резьбу канатного замка, после чего буровой снаряд извлекают с помощью ударного механизма станка. В тех случаях, когда канатный замок не имеет наружной насечки или, когда инструмент развинтился, для ловли замка, ножниц или ударной штанги применяют шлипс. Для ликвидации аварий с желонкой используют вилку с защелкой. Для ловли оборвавшегося каната служат «ерши».

Для облегчения извлечения инструмента, прихваченного обвалившейся и уплотнившейся вокруг него породой, последнюю разрушают с помощью эксцентричного долота.

В том случае, когда инструмент извлечь из скважины не удастся, проводится торпедирование. Если стенки скважины неустойчивы, то при взрыве образуется большая каверна, которая для продолжения бурения должна быть перекрыта обсадными трубами.

Для исправления вмятин в обсадных трубах используют оправку. При извлечении обсадных труб применяют забивные приспособления, вибраторы или вырезают трубы участками с помощью труборезок. Аварии часто связаны с резким отклонением ствола скважин от вертикального направления. Для предотвращения искривления скважины следует бурить исправными долотами, соблюдая установленный режим бурения. В случаях, когда требуется строгая вертикальность скважины, применяются специальные направляющие «фонари», устанавливаемые на ударной штанге. Если искривление произошло вследствие отжатия долота большим валуном, то его торпедуют и искривлённый интервал перебуривают.

12. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ

Бурение с гидротранспортом керна осуществляют комплексами КГК-АГ и КГК-АП (гидро- и пневмотранспорт). Комплексы предназначены для бурения скважин глубиной до 100 м в горных породах II-IV категорий по буримости с прослоями гравийно-галечных отложений. комплексы спроектированы на базе реконструированной установки УРБ-2А2 с насосом НБ-320/63.

Комплексы с установкой УРБ-2А2-ГК включают: смонтированную на шасси автомобиля ЗИЛ-131 гидрофицированную буровую установку, оснащённую трубодержателем, элеватором, гидропневмосистемой обвязки, саль-

ником-вертлюгом и вспомогательной лебёдкой; комплект бурового инструмента для бурения диаметром 112-192 мм и транспортный прицеп.

В составе КГК-АГ поставляется прицеп-ёмкость с гидроприводным контейнером для труб и кернаприёмным устройством, а в состав КГК-АП - прицеп для перевозки труб и шламоприёмного устройства.

Буровой инструмент обоих комплексов унифицирован и содержит колонну двойных бурильных труб диаметром 89 мм, буровые колонковые снаряды и коронки. В состав инструмента включены снаряды для бурения твёрдых пропластков шарошечными долотами, кольцевой гидроударник и лопастные долота диаметром до 220 мм.

Комплексы КГК-АГ и КГК-АП позволяют в 3-4 раза увеличить производительность бурения гидрогеологических скважин за счёт сокращения времени на чистое бурение в 8 раз, на вспомогательные операции - в 2,2 раза, посадке фильтра и декольматации - в 4 раза; монтаже, демонтаже и перевозке в 9 раз.

При использовании комплексов применяют досылку фильтровой колонны без её вращения. Средства досылки колонны выполнены в комбинации со средствами откачки через бурильную колонну, что позволяет без дополнительных СПО осуществлять гидрогеологические исследования водоносного горизонта сразу после досылки фильтра. Досылочные средства состоят из вращающейся головки, устанавливаемой на торце отстойника фильтровой колонны и хвостовика - струйного насоса, размещаемого на двойной колонне.

В процессе досылки на головку посредством двойной колонны через хвостовик внутри фильтра передаётся вращение и подаётся промывочный агент. После отсоединения хвостовика от головки в работу включается струйный насос хвостовика.

Кроме этих комплексов в СКБ «Геотехника» разработан комплекс КГК-500Г, предназначенный для эксплуатации в составе буровых установок 1БА-15В и УРБ-3А3. Комплекс выполнен на базе двойной колонны труб диаметром 108 мм и предназначен для бурения скважин на воду с начальным диаметром 320 мм и глубиной 500 м. Для бурения используют твёрдосплавные коронки, лопастные и шарошечные долота. Бурение скважин может проводиться во всех горных породах I-VII категорий по буримости, при условии, что объём бурения этих пород составляет не более 15 % от глубины скважины.

Бурение с обратной промывкой применяется при бурении скважин большого диаметра 150-1500 мм глубиной 200-300 м в мягких и рыхлых горных породах. Бурение выполняется при непрерывном отсосе промывочной жидкости из бурильных труб с помощью эрлифта, центробежного или водоструйного насосов. Устье скважины не герметизируется и постоянно соединено каналом с отстойником, откуда вода самотёком поступает в скважину. Промывочная жидкость с разрушенной породой из забоя скважины поступает по бурильным трубам через сальник-вертлюг в отстойник. Для предупре-

ждения обрушения стенок скважины необходимо поддерживать в стволе избыточное давление не менее 0,03 МПа за счёт постоянства уровня промывочной жидкости на 3 м выше статического. Сальник-вертлюг должен иметь сечение проходного отверстия равное отверстию в бурильных трубах. При этом способе достигается высокая производительность бурения, исключается потребность крепления стенок скважины обсадными трубами или глинистым раствором, обеспечивается доступность устройства гравийных обсыпок фильтровой зоны.

Бурение скважин с продувкой воздухом и газожидкостными смесями применяется в безводных регионах, в многолетне-мёрзлых горных породах, в разрезах с дебитом водоносных пластов до 3 л/с и в породах, поглощающих промывочную жидкость. Применение пневмоударников эффективно при бурении валунно-галечных четвертичных отложений при небольших водопритоках в скважину, в горных породах VI-IX категорий по буримости до глубин 300-400 м. Буровая установка оснащается дополнительным оборудованием: передвижной компрессорной установкой типа ДК-9, герметизатором устья скважины, холодильным агрегатом при бурении в вечной мерзлоте, вентилятором отсоса пыли.

При бурении с использованием газожидкостных смесей применяется специальный передвижной модуль с дополнительным оборудованием. Оборудование смонтировано на двухосном прицепе ГКБ-817 и состоит из компрессорной станции ПП-1,5М1, дозирочного насоса НБ1-25/16, смесителя, ёмкости для приготовления состава ПАВ, обвязки с КИП, герметизатора устья скважины и циклонного пеногасителя. При работе создаётся замкнутый контур: жидкость поступает из ёмкости в дозирочный насос, смеситель, затем в виде пены нагнетается в скважину и из скважины через герметизатор устья в пеногаситель и далее в ёмкость.

Этот способ не эффективен при бурении часто переслаивающихся водоносных пластов и водонасыщенных песков мощностью более 5 м. Возможность бурения ограничена глубиной 400 м.

Бурение кольцевыми пневмоударниками ПКР СКБ «Геотехника» и ИГД СО РАН применяют по мёрзлым, трещиноватым горным породам и галечным отложениям при наличии водопроявлений. Бурение осуществляется с пневмотранспортом керна по центральному каналу пневмоударника и бурильных труб. При бурении сжатый воздух от компрессора поступает к пневмоударнику по кольцевому межтрубному зазору двойной бурильной колонны. Шлам с забоя отводится отработанным воздухом через пневмоударник вверх по центральному каналу труб. Для бурения гидрогеологических скважин применяют три типоразмера кольцевых пневмоударников: ПКР-130, ПКР-150 и ПКР-190 коронками диаметром 135/44-48, 152/60 и 192/60 мм и бурильными трубами 89, 108, 127 и 146 мм. Потребный расход воздуха для работы ПКР – 8, 10 и 16 м³/мин при давлении 0,6 МПа.

13. ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Химический состав и физические свойства подземных вод неодинаковы. Между тем от состава и свойств воды зависит ее пригодность для питьевых и хозяйственных целей. Большое значение при решении вопроса о пригодности воды для питья имеют также результаты ее бактериологического анализа.

В настоящем разделе приводится краткое описание лишь простейших способов определения физических свойств подземных вод. Все эти определения вполне могут быть выполнены в любой местной лаборатории.

Химические и бактериологические исследования воды производятся в специальных лабораториях.

13.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ

Температура. Нормальная питьевая вода должна иметь температуру от +7 до 12°. Вода с более высокой температурой обычно теряет свои приятные освежающие свойства. Питьевая вода с температурой ниже +5° вредна для здоровья людей. Употребление такой воды вредно также и для скота. У рогатого скота, например, оно вызывает понижение молочности.

Значительные изменения температуры подземных вод за короткий период времени обычно указывают на непосредственную связь этих вод с поверхностными.

Для измерения температуры воды в скважинах удобно применять специальные, так называемые «ленивые» термометры, защищенные от действия температуры окружающего воздуха слоем ваты или опилок.

При отсутствии специального термометра можно использовать (разумеется, с меньшей точностью) обычный ванный термометр в деревянной оправе, предварительно обложив ртутный шарик ватой. Термометр опускается в воду скважины на шпагате или тонком шнуре. Для обеспечения вертикальности спуска его к нижнему концу деревянной оправы прикрепляется небольшой груз. Выдержав термометр в воде 10...15 минут, его по возможности быстро извлекают на поверхность. В жаркие летние месяцы целесообразно измерять температуру рано утром.

Чистота (прозрачность). Питьевая вода должна быть чистой и прозрачной. Даже легкое замутнение воды уже влияет на ее вкус. В гигиеническом отношении мутность воды нередко безвредна, но может быть вызвана и вредными примесями.

Определение на месте чистоты и прозрачности воды имеет большое значение. Так, свежая только что взятая содержащая железо вода, совершенно прозрачна. Через непродолжительное время в ней начинает наблюдаться общее, постепенно усиливающееся помутнение и, наконец, выделение желто-коричневых хлопьев соединений железа.

В этой связи важными являются наблюдения за тем, дает ли свежевзятая проба воды после непродолжительного отстаивания осадок, а в случаях его об-

разования - за его характером (насколько он значителен, мелкий или рыхлый, имеет ли окраску и т. п.).

Для простейшего определения степени прозрачности воды наполняют све-
жевзятой пробой сосуд из бесцветного стекла емкостью от 1 до 2 л и просма-
трывают на свет.

Для этой цели рекомендуется использовать цилиндры из бесцветного стекла
с ровным дном, высотой около 30 см и диаметром 3-5 см, наполняемые иссле-
дуемой водой до краев. При этих условиях легко определяется малейшее за-
мутнение воды, в особенности при падающем сверху свете. Для лучшего рас-
смотрения взвешенных веществ в пробе рекомендуется заслонять боковой свет
кистью руки. Хорошие результаты дает использование лупы с 10-15 кратным
увеличением.

По степени прозрачности выделяется 6 категорий воды: 1) прозрачная; 2)
слабо опалесцирующая; 3) опаловая; 4) слегка мутная; 5) мутная; 6) сильно
мутная.

Опалесценцией воды называется ее замутнение, наступающее в результате
добавления к 10 см³ смеси из 1 см³ раствора (1/100 нормального) соляной ки-
слоты и 99 см³ исследуемой воды 1 см³ раствора (1/10) нормального азотно-
кислого серебра.

Опаловым называется замутнение, соответствующее получающемуся в 10 см³
смеси. из 2 см³ раствора (1/100 нормального) соляной кислоты и 98 см³ иссле-
дуемой воды при добавлении к этой смеси 1 см³ раствора (1/10 нормального)
азотнокислого серебра.

Под мутностью воды понимается степень ее замутнения при добавлении 1
см³ раствора (1/10 нормального) азотнокислого серебра к 10 см³ смеси из 4 см³
раствора (1/100 нормального) соляной кислоты и 96 см³ исследуемой воды.

Окраска (цветность). Совершенно бесцветная вода встречается в природе
чрезвычайно редко. Но обычно окраска воды столь незначительна, что практи-
чески не замечается. При определении окрашенности вода должна быть совер-
шенно прозрачной (в противном случае ее предварительно профильтровывают).

Если свежееотобранная проба воды окрашена с самого начала в желтый или
светлорыжий цвет, будучи, однако, прозрачной, то это указывает на проис-
хождение окраски от органических примесей.

Так как первоначально бесцветная вода может получить окраску в дальнейшем,
то окрашенность воды следует определять тотчас после взятия пробы.

Для простейшего исследования окраски воды рекомендуется использовать
плоскостной стеклянный цилиндр диаметром 20-25 мм и высотой не менее 40
см. Для устранения влияния света со стороны цилиндр целесообразно оберты-
вать черной или плотной темной бумагой. Наблюдать водяной столб лучше свер-
ху вниз на фон, освещенный дневным светом (лист чистой белой бумаги). Для
сравнения можно применять цилиндр такого же размера, наполненный дистил-
лированной водой.

В большинстве случаев при соблюдении этих условий окраску воды удастся
обнаружить.

Запах. Питьевая вода не должна иметь никакого запаха, в особенности гни-
лостного. При значительном содержании в подземных водах органических ве-
ществ они имеют своеобразный болотный запах.

По запаху можно определить также присутствие в воде значительного коли-
чества железа. Наряду с большим содержанием железа в водах часто присутст-
вует сероводород. Однако присутствие этого газа не всегда указывает на непри-
годность воды для питья, ибо в ряде случаев при соприкосновении воды с возду-
хом на поверхности земли запах сероводорода быстро исчезает.

Так как определение запаха в значительной мере зависит от индивидуальных
особенностей обоняния человека, к оценке запаха воды отдельными лицами
следует относиться возможно осторожной.

Для определения в воде пахнущих составных частей сначала исследуется
запах свежееотобранной пробы при комнатной температуре, затем подогретой
до 40...50°, ибо при низкой температуре воды обнаружить запах часто не уда-
ется.

Для испытания на запах отбирается не менее 200 см³ воды, лучше всего в
широкогорлые колбы или бутылки с притертыми пробками, наполняя их ис-
следуемой водой до половины. После подогрева воды ее в течение 1-2 минут
сильно взбалтывают, затем открывают пробку и сразу же нюхают у горла со-
суда.

Вкус. Доброкачественная питьевая вода не должна иметь никакого неприят-
ного привкуса. Оценка вкусовых качеств в значительной мере зависит от ин-
дивидуального вкуса того или иного человека и поэтому иногда может быть
различной для одной и той же воды. Для суждения о вкусе воды имеет значе-
ние ее температура, особенно в отношении вод с большим содержанием пова-
ренной соли.

Поскольку вкус холодной воды определить труднее, исследуемые пробы
воды рекомендуется подогревать до 15...20°. Жесткие воды обычно вкуснее,
чем мягкие; в жесткой воде углекислота даже при значительно меньшей кон-
центрации ощущается на вкус ранее, чем в мягкой. Отсутствие углекислоты
обычно заметно по приторному вкусу воды. Мягкие воды в большинстве слу-
чаев безвкусны, «вялые», неприятны.

Сухой остаток. Хорошая пресная питьевая и хозяйственная вода содержит
в 1 л не более 600 мг твердых не улетучивающихся при кипячении составных
частей. При большем содержании их (например до 1000 мг в 1 л) вода еще со-
храняет удовлетворительные питьевые качества, оставаясь достаточно пре-
сной, но делается менее пригодной для хозяйственных целей (в частности для
стирки) вследствие своей жесткости. При содержании сухого остатка до 1500
мг/л питьевые и хозяйственные качества воды еще более ухудшаются (вода
становится солоноватой на вкус).

Для определения содержания в воде сухого остатка сначала готовят
вспомогательный реактив-1 % раствор соды, растворяя в дистиллированной
воде 10 г чистой безводной соды и разбавляя затем раствор водой с доведени-
ем его объема до 1 л.

В фарфоровую чашку емкостью 100-150 см³, доведенную до постоянного веса нагреванием до 145-150°, наливают 25 см³ полученного раствора соды. Затем в этой чашке вместе с раствором соды выпаривают 250 см³ исследуемой воды, добавляя последнюю по мере выпаривания. Полученный остаток высушивают до постоянного веса в термостате при 145-150°. В процессе высушивания остаток необходимо периодически взвешивать. Взвешивание заканчивается, когда разница между результатами двух последних взвешиваний не превышает 1 мг. Таким же методом отдельно определяют вес сухого остатка, получающегося от выпаривания 25 см³ раствора соды. Для окончательного подсчета веса сухого остатка в исследуемой воде вес сухого остатка соды вычитают из общего веса остатка, полученного в результате выпаривания и высушивания в термостате.

Если исследуемая вода мутная, то перед определением веса сухого остатка ее необходимо профильтровать.

13.2. ОЦЕНКА БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ

Большое значение для оценки качества подземной воды имеют результаты бактериологического исследования, особенно в тех случаях, когда на основании данных химического анализа нельзя точно установить возможность загрязнения подземной воды и проникновения в нее болезнетворных бактерий.

Бактериологические исследования могут быть трех видов:

- а) исследование на содержание в воде определенных болезнетворных бактерий;
- б) определение общего количества бактерий в 1 см³ воды;
- в) определение титра кишечной палочки (колититра).

Наиболее распространено определение колититра, т. е. количества кубических сантиметров воды, в котором содержится одна кишечная палочка (бактерия *Coli*). Например, колититр 500 означает, что в 500 см³ воды (в одном полулитре) найдена одна бактерия Коли (*Coli*), колититр 200 означает, что одна бактерия коли обнаружена в 200 см³ воды и т.д. Вполне надежной в санитарном отношении может считаться вода, имеющая колититр не менее 300.

Определение колититра вполне характеризует загрязненность воды и возможность проникновения в нее, наряду с бактериями группы кишечной палочки, также и возбудителей заразных заболеваний.

По общему количеству бактерий, содержащихся в 1 дм³ воды, бактериологически безвредной считается вода с числом бактерий не более 100. По титру кишечной палочки можно судить также о возможности заражения воды брюшнотифозными и дизентерийными бактериями.

Для получения наиболее достоверных результатов бактериологического анализа и избежания случайного загрязнения воды пробы ее рекомендуется отбирать в стерильную посуду после длительной откачки. В этих же целях на место взятия проб следует приглашать специалиста из местной (районной) санитарно-эпидемиологической лаборатории.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ОФОРМЛЕНИЕ РАЗРЕШЕНИЯ НА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Для того чтобы начать буровые работы «Заказчику» необходимо получить «Лицензию на пользование недрами». Лицензию получают в Главном управлении природных ресурсов региона в Лицензионном отделе (например, по С-3 региону - это «Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Санкт-Петербургу и Ленинградской области»). В случае если «Заказчик» физическое лицо он получает «Разрешение» на бурение скважины.

Для получения лицензии необходимо представить проект на бурение скважины. Для составления проекта целесообразно обратиться (сделать запрос) в Территориальные геологические фонды, которые существуют сейчас в каждом субъекте федерации, сделать запрос о геологической и гидрогеологической информации. Это позволит выяснить геологический разрез и, соответственно, грамотно составить техническую часть проекта. В частности по Северо-Западному региону - это ФУГП «Петербургская комплексная геологическая экспедиция» или Федеральное государственное учреждение «Северо-Западный региональный фонд геологической информации»

В проекте должны быть отражены следующие сведения: район буровых работ, площадь работ и глубина непосредственного геологического изучения, основные цели и задачи бурения, права на владения землей, конструкция скважины, меры по соблюдению экологических требований, работы по рекультивации участков после бурения, меры по технике безопасности и прочие сведения. Кроме того должна быть представлена документация предприятия - регистрационный номер, устав, налоговые документы, и пр. При бурении на воду, кроме того, необходимо указать типы обсадных труб, способ их соединения, способ вскрытия водоносных горизонтов, меры и методы по изоляции пластов.

Проект согласовывается с санэпидстанцией (СЭС), а при бурении на воду и с организацией «Водоканала», если скважина находится на контролируемой им территории.

СЭС - согласовывает точку заложения скважины с зоной санитарной охраны (скважина должна находиться на определенном расстоянии от дорог, ж/д. путей, жилых и производственных строений и т. п.).

При добыче подземных вод для хозяйственно - питьевого и лечебного (бальнеологического) водоснабжения горный отвод в плане должен совпадать с первым поясом зоны санитарной охраны водозабора или отдельной водозаборной скважины. Как правило, первый пояс зоны санитарной охраны (зона строгого режима) принимается равным 30 м - для напорных водоносных горизонтов; 50 м - для безнапорных водоносных горизонтов (СНиП 2.04.02-84 пп. 10.12...10.15).

Горный отвод — под этим понимается часть земных недр, предоставляемая для последующего использования. В пределы горного отвода входит непосредственно сам объект пользования (например, месторождение (или его часть) полезного ископаемого), а также площади, необходимые для размещения технологических служб, связанных с использованием недрами по заданному назначению.

Организация «Водоканала» дает разрешение на бурение стратегических горизонтов (по которым произведен подсчет запасов и, который перспективен по водоснабжению) и выделяет квоту на количество воды с запрашиваемого горизонта.

Если бурение ведется не на собственной территории, то необходимо получить разрешение районной администрации.

В процессе бурения «Подрядчик» ведет рабочую документацию. При бурении скважин на воду необходимо отмечать следующую информацию: геологическое описание пород и описание водоносных горизонтов, данные по поглощению промывочного раствора, данные опытных откачек (статический и динамический уровень, дебит на нескольких ступенях откачки, удельный дебит и т.п.). Отмечать конструкцию скважины, типы обсадных труб, способ их соединения, способ вскрытия водоносных горизонтов.

Во время откачки скважины берутся пробы на химико-бактериологический анализ, который проводится в СЭС или в любой аттестованной гидрохимической лаборатории.

На основании данных бурения на воду составляется паспорт скважины, форма его произвольная, но он должен обязательно включать в себя: обоснование работ (№ лицензии или разрешения), координаты скважины, геологическое описание пород, конструкцию скважины.

Кроме того, при бурении на воду в паспорт включаются дополнительно следующие сведения: описание водоносных горизонтов (уровень кровли и подошвы пластов, статический уровень, глубины водопроявлений); данные по откачкам и по опробованию водоносных пластов; данные гидрохимических и бактериологических анализов;

Для сложных разрезов и для слабоизученных районов при бурении на воду рекомендуется проводить комплекс гидрокаротажных работ (состав и объем их определяется производителем работ)

Паспорт скважины представляется в Территориальные геологические фонды, в которых производится регистрация скважины. В фондах составляется учетная карточка на скважину, ей присваивается номер, составляется план расположения скважины с ее точной привязкой и она отправляется в Центральные фонды (г.Москва). «Заказчик» в фондах получает справку о регистрации и после этого он может получить разрешение на водопользование в Главном управлении природных ресурсов региона.

Если «Заказчик» индивидуальный владелец участка и бурит на питьевую воду, то достаточно разрешения на бурение скважины (которое одновременно является разрешением на водопользование).

Если «Заказчик»- предприятие и бурение ведется на минеральную воду, то надо иметь лицензию на водопользование (получить разрешение на водопользование в Главном управлении природных ресурсов региона). Кроме того, при бурении на минеральную воду необходимо производить оценку запасов и их утверждение в ГКЗ. Все разрешения связанные с минеральной водой идут через МПР России. Торговля и минеральной и пресной водой также идет через МПР России (объявляется конкурс и проводится тендер).

Бурение скважин под буронабивные сваи и на инженерную геологию входит в общестроительный процесс, и там руководствуются документами, определяемыми Строительными Нормами и Правилами (СНиП).

Приложение 2

ВЫПИСКА ИЗ СНиП 3.05.04-85 «ВОДОЗАБОРНЫЕ СКВАЖИНЫ»

5.3. В процессе бурения скважин все виды работ и основные показатели (проходка, диаметр бурового инструмента, крепление и извлечение труб из скважины, цементация, замеры уровней воды и другие операции) следует отражать в журнале по производству буровых работ. При этом следует отмечать наименование пройденных пород, цвет, плотность (крепость), трещиноватость, гранулометрический состав пород, водоносность, наличие и величину «пробки» при проходке плывунов, появившийся и установившийся уровень воды всех встреченных водоносных горизонтов, поглощение промывочной жидкости. Замер уровня воды в скважинах при бурении следует производить перед началом работ каждой смены. В фонтанирующих скважинах уровни воды следует измерять путем наращивания труб или замером давления воды.

5.4. В процессе бурения в зависимости от фактического геологического разреза допускается в пределах установленного проектом водоносного горизонта корректировка буровой организацией глубины скважины, диаметров и глубины посадки технических колонн без измерения эксплуатационного диаметра скважины и без увеличения стоимости работ. Внесение изменений в конструкцию скважины не должно ухудшать ее санитарного состояния и производительности.

5.5. Образцы следует отбирать по одному из каждого слоя породы, а при однородном слое - через 10 м.

По согласованию с проектной организацией образцы пород допускается отбирать не из всех скважин.

5.6. Изолирование эксплуатируемого водоносного горизонта в скважине от неиспользуемых водоносных горизонтов следует выполнять при способе бурения:

вращательном - путем затрубной и межтрубной цементации колонн обсадных труб до отметок, предусмотренных проектом;

ударном - задавливанием и забивкой обсадной колонны в слой естественной плотной глины на глубину не менее 1 м или проведением подбашмачной

цементации путем создания каверны расширителем или эксцентричным долотом.

5.7. Для обеспечения предусмотренного проектом гранулометрического состава материала обсыпки фильтров скважин глинистые и мелкопесчаные фракции должны быть удалены отмывкой, а перед засыпкой отмытый материал следует продезинфицировать.

5.8. Обнажение фильтра в процессе его обсыпки следует проводить путем поднятия колонны обсадных труб каждый раз на 0,5-0,6 м после обсыпки скважины на 0,8-1 м по высоте. Верхняя граница обсыпки должна быть выше рабочей части фильтра не менее чем на 5 м.

5.9. Водозаборные скважины после окончания бурения и установки фильтра должны быть испытаны откачками, производимыми непрерывно в течение времени, предусмотренного проектом.

Перед началом откачки скважина должна быть очищена от шлама и прокачана, как правило, эрлифтом. В трещиноватых скальных и гравийно-галечниковых водоносных породах откачку следует начинать с максимального проектного понижения уровня воды, а в песчаных породах - с минимального проектного понижения. Величина минимального фактического понижения уровня воды должна быть в пределах 0,4- 0,6 максимального фактического.

При вынужденной остановке работ по откачке воды, если суммарное время остановки превышает 10 % общего проектного времени на одно понижение уровня воды, откачку воды на это понижение следует повторить. В случае откачки из скважин, оборудованных фильтром с обсыпкой, величину усадки материала обсыпки следует замерять в процессе откачки один раз в сутки.

5.10. Дебит (производительность) скважины следует определять мерной емкостью с временем ее заполнения не менее 45 с. Допускается определять дебит с площадью водосливов и водомеров.

Уровень воды в скважине следует замерять с точностью до 0,1 % глубины замеряемого уровня воды.

Дебит и уровни воды в скважине следует замерять не реже чем через каждые 2 ч в течение всего времени откачки, определенного проектом.

Контрольные промеры глубины скважины следует производить в начале и в конце откачки в присутствии представителя заказчика.

5.11. В процессе откачки буровая организация должна производить замер температуры воды и отбор проб воды в соответствии с ГОСТ 18963-73 и ГОСТ 24481-80с доставкой их в лабораторию для проверки качества воды согласно ГОСТ 2874-82.

Качество цементации всех обсадных колонн, а также местоположение рабочей части фильтра следует проверять геофизическими методами. Устье самоизливающейся скважины по окончании бурения необходимо оборудовать задвижкой и штуцером для манометра.

5.12. По окончании бурения водозаборной скважины и испытания ее откачкой воды верх эксплуатационной трубы должен быть заварен металлической

крышкой и иметь отверстие с резьбой под болт-пробку для замера уровня воды. На трубе должны быть нанесены проектный и буровой номера скважины, наименование буровой организации и год бурения.

Для эксплуатации скважина в соответствии с проектом должна быть оборудована приборами для замера уровня воды и дебита.

5.13. По окончании бурения и испытания откачкой водозаборной скважины буровая организация должна передать ее заказчику в соответствии с требованиями СНиП 3.01.04-87, а также образцы пройденных пород и документацию, включающую:

- геолого-литологический разрез с конструкцией скважины, откорректированные по данным геофизических исследований;
- акты на заложение скважины, установку фильтра, цементацию обсадных колонн;
- сводную каротажную диаграмму с результатами ее расшифровки, подписанной организацией, выполнившей геофизические работы;
- журнал наблюдений за откачкой воды из водозаборной скважины;
- данные о результатах химических, бактериологических анализов и органолептических показателей воды по ГОСТ 2874-82 и заключение санитарно-эпидемиологической службы.

Кроме того, составляется акт сдачи скважины в эксплуатацию и паспорт.

В паспорте скважины следует указывать:

- гарантийные обязательства по эксплуатации скважины;
- местоположение скважины с координатами;
- геолого-технические данные (проект/факт);
- конструкцию фильтра;
- результаты пробной откачки;
- химический состав воды;
- заключение по качеству воды;
- приложения (выше названная документация).

Документация по сдаче объекта заказчику должна быть согласована с проектной организацией.

Приложение 3

КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПОДЗЕМНОГО ИСТОЧНИКА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ (Сан-ПиН 2.1.4.027-95)

I Органолептические показатели воды.

Температура в момент взятия пробы, °С
Запах при 20°С качественно и в баллах
Привкус при 20°С качественно и в баллах
Запах при 60°С качественно и в баллах
Цветность в градусах
Мутность, мг/дм³

II. Показатели химического состава воды

Водородный показатель (рН)
 Бериллий, мг/дм³
 Бор, мг/дм³
 Железо, мг/дм³
 Марганец, мг/дм³
 Медь, мг/дм³
 Молибден, мг/дм³
 Мышьяк, мг/дм³
 Нитраты, мг/дм³
 Общая жесткость, мг/дм³
 Окисляемость перманганатная, мг/дм³
 ХПК, мг/дм³
 Свинец, мг/дм³
 Селен, мг/дм³
 Сероводород, мг/дм³
 Стронций, мг/дм³
 Сульфаты, мг/дм³
 Сухой остаток, мг/дм³
 Углекислота свободная, мг/дм³
 Фтор, мг/дм³
 Хлориды, мг/дм³
 Цинк, мг/дм³

Промышленные, сельскохозяйственные и бытовые загрязнения (Перечень показателей согласовывается с центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора).

III Микробиологические показатели воды

Число сапрофитных бактерий в 1 см³

Число бактерий группы кишечных палочек (БГКП) в дм³

Таблица 31. Предельно допустимые концентрации веществ в питьевой воде

Вещество	Норма, мг/л
Бериллий	0,0002
Молибден	0,25
Мышьяк	0,05
Нитраты	45,0
Полиакриламид	2,0
Свинец	0,03
Селен	0,001
Стронций	7,0
Фтор	0,7-1,5
Хлориды	350
Сульфаты	500
Железо	0,3
Марганец	0,1
Медь	1-0
Цинк	5,0
Алюминий	0,5
Гексаметафосфат	3,5
Триполифосфат	3,5
Общая жесткость, мг-экв/л	7,0
Сухой остаток	1000

Рекомендуемый перечень показателей проектной гидрогеотехнической карты ПГТК (составляет гидрогеолог).

Составляется в форме таблицы.

В надтабличной части приводят следующие указатели (по строкам):

- местоположение скважины;
- абсолютная отметка устья скважины;
- потребный дебит;
- способ бурения;
- проектная глубина скважины;
- тип буровой установки;
- статический уровень;
- проектный дебит;
- удельный дебит.

Таблица ПГТК состоит из следующих разделов (по графам):

- масштаб,
- геологический индекс;
- № слоя горных пород;
- описание пород;
- мощность слоя, м;
- глубина подошвы слоя, м;
- категория пород по буримости (группа),
- литологическая колонка,
- конструкция скважины;
- диаметр, мм и глубина обсадки, м (d/l);
- диаметр, мм и тип долота (по интервалам);
- статический уровень, м;
- диаметр, мм и тип фильтра;
- интервал и способ тампонажа;
- примечание (особенности подземных вод, возможные осложнения при бурении и др.).

ПГТК подписывается участковым гидрогеологом и техническим руководителем работ.

Приложение 5

Перечень нормативных документов природопользования при бурении скважин на воду

1. ГОСТ 24481-80. Вода питьевая. Отбор проб.
2. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.
3. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного и хозяйственного питьевого водоснабжения. Гигиенические и технические требования и правила выбора.
4. ГОСТ 17.1.1.04-91. Классификация подземных вод по целям водопользования.
5. ГОСТ 17.1.3.06-82. Общие требования к охране подземных вод.
6. СанПиН 2.1.4.027-95. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения.
7. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.
8. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода и водоснабжение населённых мест. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.
9. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

Литературные источники

1. Башкатов Д.Н., Сулакшин С.С., Драхлис С.Л., Квашнин Г.П. Справочник по бурению скважин на воду. М., Недра, 1979.
2. Башкатов Д.Н., Драхлис С.Л., Сафонов В.Ю., Квашнин Г.П. Специальные работы при бурении скважин на воду. М., Недра, 1988.
3. Башкатов Д.Н., Панков А.В., Коломиец А.М. Прогрессивная технология бурения гидрогеологических скважин. М., Недра, 1992.
4. Бродов Г.С. Основы термомеханического колонкового бурения. СПб., ВИТР, 2001. 55 с.
5. Быков И.Ю., Дмитриев В.Д. Бурение скважин на воду в северных районах. Л., Недра, 1981.
6. Гаврилко В.М., Алексеев В.С. Фильтры буровых скважин. М., Недра, 1985.
7. Гульянц Г. М. Особенности технологии бурения и крепления скважин на минеральные воды. М., Недра, 1980. 248 с.
8. Дубровский В.В., Карпов В.Ф. Бурение и оборудование мелких скважин для водоснабжения. М., Госгеолиздат, 1952. 135 с.
9. ГОСТ 25893 - 83. Средства измерения для гидрогеологических исследований. Типы. Основные технические требования.
10. Закон Российской Федерации о недрах (в редакции от 02.01.2000 №20-ФЗ), М., Роскомнедра, ВИЭМС, 2000.
11. Иващенко А.М., Рязанова Г.Н. Технология бурения скважин водоснабжения. Пенза, 1997.
12. Калинин А.Г., Ошкордин О.В., Питерский В.М., Соловьев Н.В. Разведочное бурение: Учеб. для вузов. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. 748 с.
13. Калинин А.Г., Левицкий А.З. Технология бурения разведочных скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые. М., Недра, 1998.
14. Квашнин Г.П. Технология вскрытия и освоения водоносных пластов. М., Недра, 1987.
15. Кипко Э.Я., Полозов Ю.А., Лушникова О.Ю. и др. Тампонаж обводнённых горных пород. Справочник. М., Недра, 1987.
16. Климентов П.П. Методика гидрогеологических исследований. М., Недра, 1961, 390 с.
17. ОСТ 41-05-229-83. Фильтры для скважин, пробуренных на воду. Номенклатура показателей. М., ВСЕГИНГЕО, 1983.
18. Положение о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно - питьевого назначения. Утверждено Гл. сан. врачом СССР № 2640 - 82 от 16 декабря 1987 г.
19. Романенко В.А. Электрофизические способы восстановления производительности скважин (методические рекомендации). Л., Недра, 1980.
20. Романенко В.А., Вольницкая Э.М. Восстановление производительности водозаборных скважин. Л., Недра 1985.

21. Романенко В.А. Подготовка водозаборных скважин к эксплуатации. Л., Недра, 1990.
22. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.027-95.
23. Соломин В.Н. Краткий справочник по проектированию и бурению скважин на воду. М., недра, 1983 12.
24. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин. Под общей ред. Козловского Е.А. 1 и 2 том. М., Недра, 1984. 512 и 437 с.
25. Справочное руководство гидрогеолога. 3-е изд., перераб. и доп. Т.2 В.М. Максимов, В.А. Кирюхин, Б.В. Боровский и др. Под ред. В.М. Максимова. Л., Недра, 1979. 296с.
26. Справочник по инженерной геологии. Под редакцией Ф.П. Саваренского. М. Л., Госгортопгеоиздат, 1939. 340 с.
27. Справочник по бурению скважин на воду. Под редакцией Башкатова Д.Н. с участием Сулакшина С.С., Драхлиса С.Л., Квашнина Г.П. М., Недра, 1979. 560 с.
28. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин. Под общей ред. Козловского Е.А. СПб., ВИТР, 2000. 712 с.
29. Станкевич Р.А. Методическое руководство по проектированию, сооружению и эксплуатации бесфильтровых скважин в песчаных породах. Минск, Полымя, 1981.
30. СТП-31-09-4-82. Требования к применению проволочных и сетчатых фильтров. М., Центргеология, 1982.
31. Строительные нормы и правила СНиП 2.06.05-87.
32. Тарин А.П. Бурение скважин на воду с обратной промывкой. Учебное пособие. Л., СЗПИ, 1985.
33. Шамшев Ф.А., Тараканов С.Н., Кудряшов Б.Б. и др. Техника и технология разведочного бурения. Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 1983, 565 с.
34. Яковлев А.М., Николаев Н.И. Очистные агенты и оперативное тампониование скважин. Учебное пособие. Л., ЛПИ, 1990.

**БУРЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ
СКВАЖИН НА ВОДУ**

Компьютерный набор, верстка и дизайн – Г.С.Бродов