

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ  
МГРИ-РГГРУ**

КАФЕДРА СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

**И.Д. БРОННИКОВ  
В.В. КУЛИКОВ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКВАЖИН НА ВОДУ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

*Допущено УМО по высшему образованию в области прикладной геологии в  
качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специализации  
130102.3 «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых»  
специальности 130102 «Технология геологической разведки»*

Москва, 2013 г.

УДК 662.24

**И.Д. Бронников, В.В. Куликов. Проектирование скважин на воду. Учебное пособие. – М.: МГРИ-РГГРУ. 2013 г., 96 с.**

Рассмотрены вопросы выбора способа бурения, конструкции скважины, бурового оборудования, инструмента, технологии бурения. Приведены примеры расчета фильтра, конструкции скважины, режимов бурения, эрлифта, цементирования и др.

Даны методы вскрытия и освоения водоносного горизонта, ремонта скважин для различных геолого-гидрогеологических условий. Подробно рассмотрена проблема ликвидации скважин на воду.

*Рецензенты:*

Начальник отдела ЗАО «Стройком-Ф», к. т. н.

В.П. Мартынов

Доцент кафедры горного дела МГРИ-РГГРУ, к. т. н.

И.П. Ганин

## Содержание

Введение .....	4
1. Общие сведения .....	4
2. Цель проектируемых работ .....	5
3. Геолого-гидрогеологическая характеристика участка бурения проектируемых скважин.....	5
4. Содержание производственного проекта на бурение эксплуатационных скважин.....	6
5. Содержание учебного проекта на бурение эксплуатационных скважин .....	6
6. Проектные данные.....	6
7. Выбор способа бурения .....	7
8. Выбор и расчет фильтра .....	9
9. Установка фильтров .....	16
10. Бесфильтровые скважины, расчет .....	19
11. Глубина скважины .....	22
12. Выбор типоразмера насоса и диаметра эксплуатационной колонны.....	23
13. Выбор и расчет конструкции скважины.....	26
14. Выбор буровой установки.....	35
15. Выбор типа промывочной жидкости .....	48
16. Выбор бурового инструмента.....	49
17. Расчет режимов роторного бурения.....	52
18. Вскрытие водоносного пласта .....	55
19. Освоение пласта .....	56
20. Геофизические исследования в скважинах .....	71
21. Производство откачек из скважин .....	73
22. Оборудование скважин.....	74
23. Крепление скважин.....	75
24. Расчет цементирования обсадных колонн .....	76
25. Ремонт скважин на воду.....	79
26. Ликвидация скважин.....	81
27. Организация работ .....	91
28. Общие требования, предъявляемые к оформлению проекта.....	93
Приложение I .....	94
Список литературы. ....	95

## **Введение**

Методические учебные пособия по проектированию и сооружению скважин на воду разработаны во второй половине прошлого века, а также в начале нового века сотрудниками кафедры разведочного бурения Д.Н. Башкатовым, Н.В. Соловьевым, С.В. Пенкевичем и др. [4, 9, 10, 17, 18, 21, 26]

Настоящая работа продолжает традиции кафедры разведочного бурения по созданию расчетных методических работ при проектировании разведочных и эксплуатационных скважин на воду.

В отличие от предыдущих работ, посвященных проектированию скважин на воду, в настоящем пособии приведены примеры расчетов эрлифта, конструкции скважины, цементирования обсадных колонн.

Даны новые разделы, посвященные ремонту скважин, методам ликвидации песчаных пробок, замене фильтра, геофизическим исследованиям.

Приведены новые сведения по технике и технологии бурения и освоения скважин на воду.

Как показывает практика, более 25% пробуренных скважин после их ликвидации оказываются затампонированными некачественно и продолжают служить источником загрязнения подземных вод. В связи с этим разделу по ликвидации скважин уделено большое внимание, приведены современные материалы и технологии.

В данном пособии отражены разделы, касающиеся как учебных курсовых и дипломных работ, так и некоторые документы, инструкции и правила, необходимые для разработки проектов бурения разведочно-эксплуатационных скважин для производственных целей.

### **1. Общие сведения**

Одним из основных видов работ при гидрологических исследованиях является сооружение и освоение поисково-разведочных, дренажных, эксплуатационных и наблюдательных скважин.

Бурение скважин широко применяется при проведении гидрогеологических съемок, мониторинге геологической среды, поисках и разведке месторождений подземных вод, а также в целях их добычи для хозяйственного и производственно-технического водоснабжения.

На многих месторождениях с разведанными запасами возникла острая необходимость в проведении переоценки эксплуатационных запасов из-за окончания срока эксплуатации, изменения качества подземных вод, санитарной и хозяйственной обстановки, техногенного загрязнения, связанного с поступлением в водоносные горизонты сточных вод промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий. Поэтому сооружение и освоение гидрогеологических скважин с целью поисков и разведки месторождений подземных вод с применением современных технологий является весьма важной народно-хозяйственной задачей.

В связи с изложенным, актуальным становится разработка проектов на бурение гидрогеологических скважин различного назначения.

## **2. Цель проектируемых работ**

Проект бурения скважин на воду составляется на основании технического задания заказчика. В техническом задании заказчик должен точно указать место расположения скважины на топографической карте района изысканий в масштабе 1:25000 и крупнее, заявленную потребность в воде, требования к качеству воды и сроки службы скважины.

## **3. Геолого-гидрогеологическая характеристика участка бурения проектируемых скважин**

Здесь необходимо привести характеристику геолого-литологического строения участка (предполагаемый разрез в намечаемой точке бурения), в стратиграфической последовательности - сверху вниз, с наибольшей детализацией в пределах проектной глубины: условия залегания, мощность, строение, литологический или петрографический состав отдельных горизонтов (слоев) пород с выделением водовмещающих горизонтов пород и водоупорных слоев, а также других элементов геологической структуры, влияющих на обводненность пород.

В разделе «гидрогеологическая характеристика участка» следует привести характеристику выделенных в разрезе водоносных горизонтов особенно детально, т.е., которые намечены к эксплуатации: глубину залегания кровли, подошвы, состав пород (процентное содержание преобладающей фракции рыхлых грунтов, степень трещиноватости скальных грунтов), предполагаемый (по фондовым материалам) дебит, удельный дебит, коэффициенты фильтрации, положение уровня и возможные его сезонные колебания, условия питания и другие данные, в том числе ориентировочные (по предварительным расчетам) границы зон санитарной охраны, а также химический и бактериологический состав подземных вод.

Приводится краткий обзор опыта бурения и эксплуатации скважин на воду в окрестностях участка работ.

При составлении учебного проекта первый раздел проекта выдается студенту в виде проектных данных, остальные выполняются в соответствии с содержанием учебного проекта. В учебном проекте выполняются все расчеты, связанные с выбором оборудования, бурением и освоением скважины.

Обязательно, на основе выполненных расчетов приводится геолого-технический наряд на скважину и план-график работ.

#### **4. Содержание производственного проекта на бурение эксплуатационных скважин**

1. Введение
2. Общая часть
  - 2.1. Местоположение объекта, существующее водоснабжение и проектные решения.
  - 2.2. Геолого-гидрологическая характеристика участка бурения проектируемых артезианских скважин (скважины).
3. Специальная часть
  - 3.1. Скважины №1 и 2 (рез)
    - 3.1.1. Проектная характеристика скважин
    - 3.1.2. Проектный геолого-литологический разрез скважин
    - 3.1.3. Конструкция скважин
  - 3.2. Методика и объемы работ
    - 3.2.1. Методика проведения работ при бурении скважин №1 и 2 (рез)
    - 3.2.3. Геофизические исследования в скважинах
    - 3.2.4. Опытные-фильтрационные работы
    - 3.2.5. Оборудование скважин

#### **5. Содержание учебного проекта на бурение эксплуатационных скважин**

1. Проектные данные
2. Выбор способа бурения
3. Выбор типа и конструкции фильтра
4. Расчет фильтра или полости бесфильтровых скважин
5. Подбор насоса и диаметра эксплуатационной колонны
6. Выбор и расчет конструкции скважины
7. Выбор буровой установки
8. Выбор и расчет бурового инструмента
9. Выбор типа промывочной жидкости
10. Расчет параметров режима бурения
11. Вскрытие и освоение водоносного горизонта
12. Расчет цементирования обсадных колонн
13. Ликвидационный тампонаж
14. Организация работ

#### **6. Проектные данные**

Проектные данные включают в себя: геологический разрез, назначение скважины (разведочная или эксплуатационная), параметры водоносного горизонта (коэффициент фильтрации, проектный дебит, статический уровень, понижение)

## 7. Выбор способа бурения

Способ бурения скважины выбирается в зависимости от назначения скважины, ее глубины, состава пород разреза, гидрологических условий, которые в свою очередь определяют начальный и конечный диаметр бурения.

При бурении на воду в России наибольшее применение получили следующие способы бурения: вращательный с прямой и обратной промывкой, шнековый, ударно-канатный.

Однако вращательный способ бурения с прямой промывкой получил наибольшее распространение; на его долю приходится более 90% всех объемов бурения.

Вращательным способом с прямой промывкой можно сооружать скважины в породах различной твердости и практически любой глубины. Преимуществами вращательного способа с прямой промывкой являются: простая конструкция скважины; возможность вскрывать высоконапорные горизонты; высокая механическая скорость бурения.

Однако применение в качестве промывочной жидкости глинистых растворов приводит к кольятации водоносного горизонта и снижению дебита скважин.

При вращательном бурении с прямой промывкой затруднено опробование водоносных горизонтов и уточнение геологического разреза скважины. Поэтому вращательный способ бурения с прямой промывкой рекомендуется применять в следующих случаях:

- Достаточно хорошо изученного геологического и гидрологического строения участка работ;
- Вскрытия высоконапорных водоносных горизонтов;
- Обеспеченности скважины водой и качественной глиной;
- Обязательного применения в процессе и после окончания бурения скважин комплекса геофизических исследований;
- Использования технологических приемов, обеспечивающих минимальную кольятацию водоносного горизонта (бурение с прямой промывкой водой, применение меловых, крахмальных, гипановых и других растворов).

Ударно-канатный способ бурения рекомендуется применять при:

- Недостаточной изученности геологических и гидрогеологических условий участка работ;
- Вскрытия низконапорных водоносных горизонтов;
- Бурение скважин большого диаметра (свыше 500мм) на глубину до 150-200м;
- Сооружение скважин в местах, где затруднено снабжение водой.

Однако учитывая сложность конструкции скважин и их большую металлоемкость, низкие механические скорости бурения, ограниченную глубину бурения, стоимость скважин ударно-канатного бурения весьма велика.

Сейчас скважины ударно-канатного бурения применяются редко.

Шнековый способ бурения – разновидность вращательного бурения, при котором порода транспортируется на поверхность по спиральным лопастям колонны шнеков.

Применяется, в основном в мягких породах и слабосцементированных породах.

Глубина скважин зависит от модели установки; как правило, не превышает 50м.

Вращательный способ бурения с обратной промывкой.

Сущность способа бурения с обратной промывкой заключается в том, что промывочная жидкость при бурении попадает в ствол скважины не по внутренней полости бурильных труб, как это происходит при бурении с прямой промывкой, а между наружной поверхностью бурильных труб и поверхностью ствола скважины.

Разбуренная порода с забоя выносится по бурильным трубам, проходит через специальный вертлюг-сальник и сбрасывается в отстойник, где промывочная жидкость очищается от шлама, после чего направляется в скважину.

Рассматриваемый способ бурения позволяет сохранить преимущества вращательного бурения, обеспечивающего высокую механическую скорость проходки. Избыточное гидростатическое давление столба жидкости, постоянно находящейся в скважине, превышающее пластовое давление, гарантирует устойчивость ее стенок. При этом исключается эрозионное воздействие на стенки скважины потока промывочной жидкости и разрушение их бурильной колонной. Кроме того, сохранению устойчивости стенок скважины способствует и значительная проходка на долото, позволяющая свести до минимума спускоподъемные операции, связанные с необходимостью замены бурового наконечника.

Затруднение возникают при проходке залегающих на малой глубине неустойчивых пород, когда гидростатическое давление столба жидкости недостаточно для поддержания устойчивости стенок скважины.

Преимущества рассматриваемого способа бурения несомненны, так как он позволяет экономить обсадные колонны и бурить без глинистого раствора.

Это обстоятельство не только упрощает и удешевляет организацию работ, но и исключает большие затраты времени и средств, связанные с разглинизацией стенок скважины, на что обычно расходуется, иногда безуспешно, длительное время.

Улучшается и качество формирования естественного фильтра; водоносные горизонты при этом не кольматируются, не происходит нарушения естественной структуры водоносных пластов, так как значительный диаметр скважин позволяет обеспечить высокий дебит при низкой скорости водопритока.

Наряду с этим в процессе бурения обеспечивается более точное определение горизонтов залегания различных пород и их опробование, поскольку шлам в строгой последовательности непрерывно поступает на поверхность.

Для целей опробования или эксплуатации любого водоносного горизонта скважина легко может быть оборудована фильтровой и водоподъемными

колоннами. Наличие открытого кольцевого зазора большого сечения позволяет механизировать и быстро производить засыпку гравия.

В связи с тем, что площадь внутреннего сечения колонны бурильных труб значительно меньше площади кольцевого зазора, по которому происходит подъем шлама при прямой промывке, появляется возможность увеличить скорость восходящего потока по внутреннему каналу труб до 3-3,5 м/с. Это позволяет выносить шлам размером до 150 мм и более, что исключает необходимость его дробления до величины 3-5 мм, требуемой при бурении с прямой промывкой и, в конечном итоге, способствует значительному увеличению механической скорости проходки.

Откачка промывочной жидкости из колонны бурильных труб в процессе бурения скважин осуществляется центробежным насосом, эрлифтом или водоструйным насосом. В соответствии с этим имеются три схемы производства буровых работ способом обратной промывки.

Применение способа с обратной промывкой ограничивается мягкими рыхлыми породами и глубиной бурения 200-300м.

## **8. Выбор и расчет фильтра**

Фильтры, устанавливаемые в скважину, выполняют следующие функции:

- Предохраняют стенки водоносного пласта от разрушения;
- Не позволяют проникать мелким частицам внутрь водоподъемной колонны и тем самым предохраняют центробежные и погружные насосы от преждевременного износа;

Фильтры буровых скважин должны отвечать следующим требованиям:

- ✓ При минимальных размерах обеспечить пропуск необходимого количества откачиваемой воды;
- ✓ Иметь минимальные гидравлические сопротивления, максимально возможную скважность и площадь фильтрации;
- ✓ Обладать необходимой механической прочностью;
- ✓ Пропускать песок и мелкие фракции пород только в начальный период работы;
- ✓ В скважинах, рассчитанных на длительную эксплуатацию, фильтры должны обладать устойчивостью против коррозии и зарастания, а так же обеспечивать использование механических, гидравлических, а в ряде случаев и химических методов восстановления проницаемости прифильтровых зон и фильтров;
- ✓ В устойчивых горных породах, а также в бесфильтровых скважинах с устойчивой кровлей каркасы фильтров не устанавливаются;

Водоносные пласты являются коллекторами, в которых аккумулируются подземные воды.

Различают коллекторы пористого и трещиноватого типов.

В зависимости от типа коллекторов используются различные типы фильтров (табл. 1).

Таблица 1

Рекомендуемые типы фильтров

Водосодержащие породы	Рекомендуемые типы фильтров
1	2
Скальные и полускальные устойчивые породы	Фильтры не устанавливают
Скальные и полускальные не устойчивые породы. Гравийно-галечниковые отложения с крупностью частиц от 20 до 100мм (>50%мас.)	Трубчатые фильтры с крупной и щелевой перфорацией. Каркасно-стержневые фильтры.
Гравий, гравелистый песок с крупностью частиц от 1 до 10 мм, с преобладающей крупностью от 2 до 5мм (>50% мас.)	Трубчатые и стержневые каркасы с водоприемной поверхностью из проволоки или без неё. Трубчатые или стержневые каркасы с водоприемной поверхностью из проволоки, сетки или штампованного листа.
Пески среднезернистые с преобладающей крупностью частиц 0,25 - 0,50 мм (>50% мас.)	Сетчатые и гравийно-обсыпные фильтры с уширенным контуром. Возможно применение двухслойных фильтров.
Пески мелкозернистые с преобладающей крупностью частиц от 0,1 до 0,25 мм (>50% мас.)	Гравийно-обсыпные фильтры с уширенным контуром. Возможно применение двухслойных фильтров.
Пески различной зернистости при наличии устойчивой кровли	Бесфильтровые скважины

В песках различного гранулометрического состава на трубчатых и стержневых каркасах применяются проволочные и сетчатые фильтры (рис. 1).



Рисунок 1. Фильтры с покрытием

*a* – из проволоки; *б* – из сетки (сетчатый фильтр): 1 – каркас; 2 – проволочная обмотка; 3 – сетка; 4 – опорное кольцо; 5 – резиновая манжета; 6 – нажимное кольцо; 7 – муфта; *в* – из просечного листа (фильтры ФКО)

В практике чаще всего применяются проволочные фильтры с диаметром проволоки от 3 до 5 мм.

В мелкозернистых и пылеватых песках используются сетчатые фильтры. Применяются сетки галунного и квадратного плетения. В качестве материала в сетках используется латунь, нержавеющая сталь, полиэтилен, пропилен, винипласт и др.

В эксплуатационных скважинах во избежание коррозии более эффективно применение сеток из нержавеющей стали и полимерных материалов.

Длину рабочей части фильтра в напорных водоносных пластах мощностью до 10 м следует принимать равной мощности пласта; в безнапорных – мощности пласта за вычетом эксплуатационного понижения уровня воды в скважине. Рабочую часть фильтра следует устанавливать от кровли и подошвы водоносного пласта, но не менее 0,5-1 м. Длину отстойника следует принимать не более 2 м. Надфильтровая часть не должна превышать 1,5-2 м. В этой части устанавливается сальник, который служит для предотвращения поступления частиц породы из пласта в эксплуатационную колонну.

Размеры проходных отверстий для сетчатых фильтров (без устройства гравийной обсыпки) следует принимать по табл.2.

Таблица 2

Размеры проходных отверстий фильтров, мм

Тип фильтра	Размеры отверстий при коэффициенте неоднородности пород	
	$\eta_1 \leq 2$	$\eta_1 > 2$
Круглый	$(2,5-3) \cdot d_{50}$	$(3-4) \cdot d_{50}$
Щелевой	$(1,25-1) \cdot d_{50}$	$(1,5-2) \cdot d_{50}$
Сетчатый	$(1,5-2) \cdot d_{50}$	$(2-2,5) \cdot d_{50}$
Проволочный	$1,25 \cdot d_{50}$	$1,5 \cdot d_{50}$

*Примечания:* 1.  $d_{10}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{60}$  – размеры частиц, содержание которых по массе составляет соответственно 10, 50 и 60%

2. Меньшие значения размеров проходных отверстий относятся к мелким пескам, большие – к крупным.

Скважность фильтра, - отношение площадей отверстий к общей площади поверхности фильтра, выраженное в процентах.

В трубчатых фильтрах с круглой или щелевой перфорацией скважность следует доводить до 20-25%.

В фильтрах с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки и штампованного стального листа скважность каркасов принимается из условия прочности до 30-60%.

В гравийных фильтрах в качестве обсыпки могут применяться песок, гравий, песчано-гравийные смеси. Подбор материалов для гравийных обсыпок производится по соотношению:

$$\frac{D_r}{d_n} = 8 \div 12,$$

где:  $D_r$  - размер частиц, меньше которых в обсыпке содержится 50%;

$d_n$  - размер частиц, меньше которых в породе водоносного пласта содержится 50%.

В гравийных фильтрах толщина слоя обсыпки принимается с учётом конструкции фильтров.

Для фильтров, собираемых на поверхности земли и опускаемых в скважину в готовом виде, толщина каждого слоя обсыпки должна быть не менее 30мм.

Для фильтров, создаваемых на забое скважин засыпкой гравия по межтрубному пространству, толщина каждого слоя обсыпки должна быть не менее 50 мм.

Наиболее надежные в эксплуатации фильтры с гравийной обсыпкой толщиной в 150-200 мм.

При устройстве двухслойных обсыпок подбор механического состава материала слоев производится по соотношению:

$$\frac{D_2}{D_1} = 4 \div 6,$$

где:  $D_2$  и  $D_1$  - средние диаметры частиц материала соседних слоев обсыпки.

Первый слой обсыпки, прилегающий к каркасу фильтра, подбирается таким образом, чтобы размеры гравия были больше.

При устройстве гравийных фильтров за наружный диаметр скважины следует принимать диаметр внешнего контура обсыпки. По условиям ремонта скважин минимальный диаметр каркаса фильтра следует принимать не менее 80-100 мм.

Наружный размер фильтра должен обеспечить его свободный спуск внутрь обсадной колонны с зазором не менее 10 мм. Зазор между стенками скважины и фильтром должен быть не менее 30-50 мм.

Материал, используемый для фильтров в скважинах, следует подвергать антисептической обработке. Рабочую часть фильтра следует устанавливать против участков, обладающих наибольшей водопроницаемостью.

Интервалы, обладающие наибольшей водопроницаемостью, устанавливаются при помощи геофизических исследований.

Расчет фильтра.

Ориентировочный диаметр каркаса фильтра определяется по формуле:

$$D_k = \frac{\alpha \cdot Q}{L}, \quad (1)$$

где:  $D_k$  – диаметр каркаса фильтра, мм;

$Q$  – проектный дебит, м<sup>3</sup>/ч;

$L$  – длина фильтра, м;

$\alpha$  – коэффициент, характеризующий свойства водоносного пласта, табл.3.

Наружный диаметр фильтра при использовании проволоки и сетки определяется по формуле:

$$D = D_k + 2d_{пр} + 2\delta, \quad (2)$$

где:  $D$  – наружный диаметр фильтра;

$D_k$  – наружный диаметр каркаса фильтра;

$d_{пр}$  – диаметр проволоки для обмотки каркаса фильтра;

$\delta$  – толщина фильтровой сетки.

Наружный диаметр фильтра с гравийной обсыпкой при использовании проволоки равен:

$$D = D_k + 2d_{пр} + 2\Delta, \quad (3)$$

где:  $\Delta$  – толщина гравийной обсыпки.

Таблица 3

Значения коэффициентов  $\alpha$  для различных пород

Порода	Коэффициент фильтрации, м/сут	Коэффициент $\alpha$
Песок мелкозернистый	2-5	90
Песок среднезернистый	5-15	60
Песок крупнозернистый	15-30	50
Песчано-гравийные отложения	30-70	30
Известняк слаботрещиноватый	2-5	90
Известняк среднетрещиноватый	5-15	60
Известняк сильнотрещиноватый	15-70	30

Пример:

Требуется определить диаметр фильтровой трубы, если отбор воды осуществляется из сильнотрещиноватых известняков, мощностью 15 метров, проектный дебит 60 м<sup>3</sup>/ч. Пласт напорный.

Длину фильтра примем, равной 10 м, учитывая, что пласт является напорным.

Коэффициент  $\alpha$  примем равным 30 по табл.3., по формуле (1), тогда диаметр фильтра равен:

$$D = \frac{30 \times 60}{10} = 180 \text{ мм.}$$

Из табл. (4) принимаем ближайший размер трубы 194мм.

## Характеристики обсадных труб

Условный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Внутренний диаметр, мм	Диаметр муфты, мм	Диаметр обточенной муфты, мм
114	6	102,3	133	127
127	6	115	146	140
140	6	127,7	159	152
146	6,5	133	166	159
168	6,5	155,3	188	180
178	7	163,8	198	190
194	7	179,7	216	210
219	7	205,1	245	235
245	8	228,5	270	260
273	8	257,1	299	287
299	8	282,5	324	314
324	9	305,9	351	340
340	9	321,7	365	356
351	9	333	376	367
377	9	359	402	390
407	9	388,4	432	420
426	10	406	451	440
508	11	486	533	521
630*	12	606	-	-
720*	12	696	-	-
820*	12	796	-	-
920*	12	896	-	-
1120*	12	1096	-	-
1220*	12	1196	-	-
1320*	12	1296	-	-

*\*Трубы  
электросварные*

Пример:

Определить размеры фильтра.

Водоносный горизонт представлен среднезернистыми песками. Мощность пласта 10 м. проектный дебит 20 м<sup>3</sup>/ч. Так как мощность водоносного пласта не превышает 10 м, то вскрываем последний на всю мощность, L=10 м. определяем диаметр каркаса фильтра по формуле (1)

$$D_k = \frac{\alpha \times Q}{L} = \frac{60 \times 20}{10} = 120 \text{ мм.}$$

Расчетный диаметр получим, если выберем трубы каркаса 127 мм (табл.4), проволоку для обмотки каркаса 3 мм, сетку галунного плетения толщиной 1мм

$$D = 127 + 2 \times 3 + 2 \times 1 = 135 \text{ мм.}$$

Диаметр долота для бурения под фильтр, определяем из условия, что зазор между стенками скважины и фильтром должен быть не менее 30÷50 мм.

$$D_d = 135 + 40 = 175 \text{ мм.}$$

Таблица 5

Наружные диаметры долот		
93	151	320
97	161	349
112	190	394
120	215	445
132	245	490
140	269	*
145	295	*

(\*Дальнейшее увеличение диаметра долота на практике чаще всего производится путем наваривания на долото стандартного размера расширяющих реборд или отдельных сегментов шарошечных долот.)

По табл. 5 определяем ближайший размер  $D_d = 190$  мм.

Если выбран гравийный фильтр, формируемый на забое, то его конструкция и диаметр выбираются, учитывая следующее. Пусть средний размер частиц водоносного песка 0,3 мм.

Тогда средний размер частиц гравия, используемого для обсыпки равен;

$$D_r = (8 \div 12) \times d_p = 10 \times 0,3 = 3 \text{ мм.}$$

Конструкция каркаса гравийного фильтра должна включать трубы и проволочную обмотку. Выбираем трубы  $\varnothing 127$  мм (табл.4) и проволоку  $\varnothing 3$  мм. Минимальная толщина гравийной обсыпки 50 мм.

$$D = 127 + 2 \times 3 + 2 \times 50 = 233 \text{ мм.}$$

Из табл. 5 выбираем соответствующий диаметр долота  $D_d = 245$  мм.

Чтобы получить проектный дебит необходимо, зная диаметр, определить длину рабочей части фильтра

$$L = \frac{\alpha \times Q}{D_d} = \frac{20 \times 60}{245} = 4,9 \text{ м,}$$

Принимаем длину рабочей части 5 м.

Каркасы фильтров выполняют из стальных обсадных бесшовных труб муфтового соединения нефтяного ряда (с.349, табл. VIII.1), геологоразведочного ряда, (с.355, табл. VIII.6), стальных насосно-компрессорных труб (с.357, табл. VIII.9), труб из нержавеющей стали (ГОСТ 9940-62), а также асбестоцементных, полиэтиленовых, полипропиленовых, поливинилхлоридных (ПВХ) (с.360-367), размеры которых приведены в работе (1).

## 9. Установка фильтров

Перед спуском фильтра в скважину, пробуренную роторным способом, необходимо поработать долотом, промыть раствором с пониженной вязкостью и плотностью или водой, провести контрольный замер ее глубины. В

неустойчивых породах следует поддерживать избыточное давление на пласт столбом воды не менее 3,0-1,5 м выше статического уровня.

Фильтровая колонна собирается так, чтобы ее рабочая часть при установке находилась на расстоянии 0,5-1,0 м от кровли и подошвы пласта во избежание попадания размываемой породы в фильтр. При эксплуатации нескольких пластов рабочие части фильтра устанавливаются в каждом пласте и соединяются между собой трубами.

На длинных (более 10 м) фильтрах для центрирования монтируются через 4-6 м направляющие фонари, которые крепятся сваркой или хомутами на отстойнике, надфильтровой трубе и рабочей части фильтра.

Опускать фильтры можно на эксплуатационной колонне, выходящей к устью скважины, и впотай. При установке фильтра на эксплуатационной колонне обсадные трубы приподнимают, если они были опущены до забоя, для обнажения фильтра или совсем извлекают из скважины в зависимости от санитарно-гидрогеологических условий и требований проекта. При установке фильтра впотай на надфильтровой трубе должен быть сальник, предотвращающий вынос частиц породы через кольцевой зазор в скважину.

Наибольшее применение получили резиновые и пеньковые, реже деревянные, свинцовые и другие сальники.

Разжимной сальник (см. рис.1 б) изготавливается следующим образом. На надфильтровой трубе ниже резьбы приваривают опорное кольцо 4 (диаметр кольца меньше внутреннего диаметра обсадной трубы), надевается резиновая манжета (пеньковый сальник) 5, кольцо 6 и до половины резьбы навинчивается муфта 7 с вырезом для спускового крюка. При вращении муфты резиновая манжета расширяется и перекрывает межтрубное пространство.

Фильтр впотай спускают на бурильных трубах с помощью спускового ключа или на муфте с левой резьбой. В первом случае на верхнем конце надфильтровой трубы ставят замок в виде двух Г-образных вырезов, в которые заводится Т-образный ключ бурильной трубы.

Для снижения динамической глинизации проволочных, сетчатых и блочных фильтров их рекомендуют спускать с открытым отстойником. Это снижает фильтрацию раствора через водоприемную поверхность. Отстойник после установки фильтра перекрывается засыпкой гравия.

При вскрытии водоносных песков с применением в качестве промывочной жидкости воды фильтр не доходит до забоя вследствие обрушения стенок скважины. В этих случаях фильтр, имеющий внизу переходник с обратным клапаном и левую резьбу, опускается на бурильных трубах, по которым нагнетается вода буровым насосом, в результате чего производится гидравлический размыв пласта с одновременной посадкой фильтра.

Аналогично ведется установка фильтра при помощи эрлифта. Фильтр опускается на обсадных трубах, которые являются одновременно водоподъемными для эрлифта. При работе эрлифта в скважину через устье буровым насосом доливается вода.

Если в водоносном горизонте предполагаются пропластки глин, применяют способ посадки фильтров с использованием механических расширителей. Фильтр опускается на бурильных трубах, которые проходят внутри него и заканчиваются расширителем. Лопастей расширителя раскрываются под действием осевой нагрузки. Бурильная колонна соединена с фильтром с помощью такого устройства, которое позволяет ей вращаться без вращения фильтра. При подъеме бурильные трубы отсоединяются от фильтра. Затрубное пространство изолируется корзинчатым сальником.

### Гравийные фильтры

Оборудуют в пластах, представленных песками от средне- до мелкозернистых и пылеватых.

Гравийные фильтры имеют высокую пескоудерживающую способность и длительный срок службы.

Гравийные фильтры состоят из обычного каркасно-проволочного или сетчатого фильтра, рабочая часть которого окружена слоем гравия или крупнозернистого песка.

По способу изготовления различают фильтры с гравийной засыпкой двух типов:

- 1) Собираемые на поверхности и в готовом виде опускаемые в скважину (опускные);
- 2) Создаваемые в скважине путем засыпки песка и гравия между каркасом и стенками скважины (засыпные).

Засыпные фильтры создают следующим образом (рис. 2). После доведения скважины до проектной глубины и установки башмака обсадных труб в водоупорной породе на забой опускается каркасный, каркасно-проволочный или сетчатый фильтр, наружный диаметр которого как минимум на 100 мм меньше внутреннего диаметра обсадных труб. В кольцевое пространство между фильтром и обсадными трубами через трубу диаметром 40-50 мм засыпают мелкими порциями отсортированные гравий и песок. По мере засыпки постепенно поднимают обсадную (эксплуатационную) колонну. Засыпать гравий следует на 5-10 м выше башмака колонны обсадных труб, приподнятой над водоносными породами и обнажившей рабочую часть фильтра, см. рис. 2б.

Превышение слоя гравия над башмаком обсадной колонны объясняется тем, что в процессе эксплуатации фильтра уровень засыпки понижается за счет выноса песка и гравия.

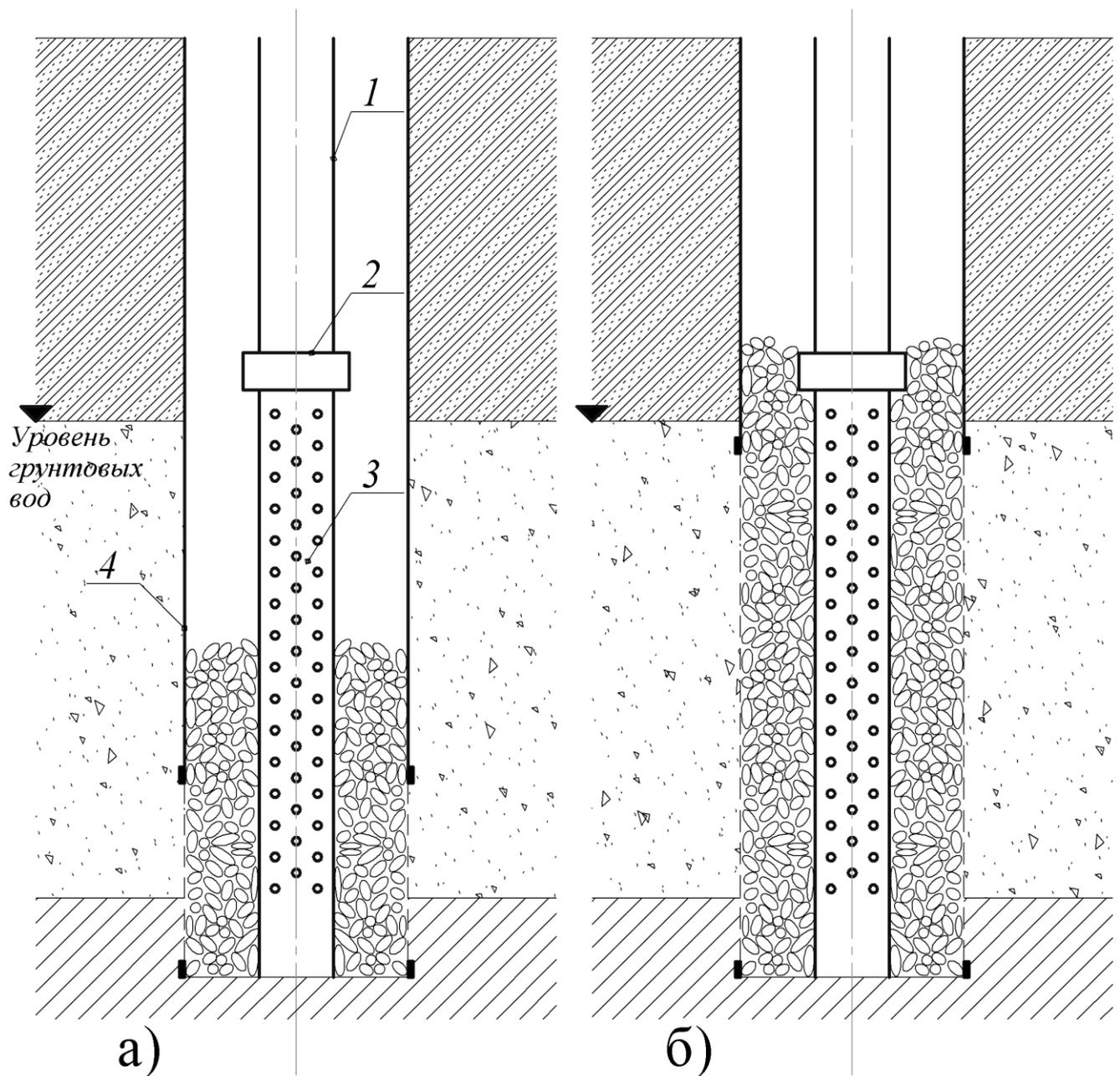


Рисунок 2. Схема установки в скважине засыпного фильтра

а – в начале засыпки гравия в межтрубное пространство:

1 – трубы; 2 – муфта; 3 – рабочая часть; 4 – обсадные трубы; б – после окончания засыпки

ЗАО «РУСБУРМАШ», [23], с.15-29, разработана и апробирована в производственных условиях новая прогрессивная технология сооружения скважин малых диаметров, позволяющая производить закачку гравия в интервал формирования обсыпки и цементирования затрубного пространства через специальных узел и инструмент внутри обсадной колонны.

## 10. Бесфильтровые скважины, расчет

Для эксплуатации водоносных песков с достаточно прочными породами кровли мощностью не менее 2-3 м целесообразно применять долговечные и

надежные бесфильтровые скважины. При достижении такого водоносного горизонта в скважине устанавливают эксплуатационную колонну с цементированием затрубного пространства. Путем откачки песчаной пульпы из-под кровли водоносного горизонта создается водоприемная воронка, являющаяся рабочей частью бесфильтровой скважины.

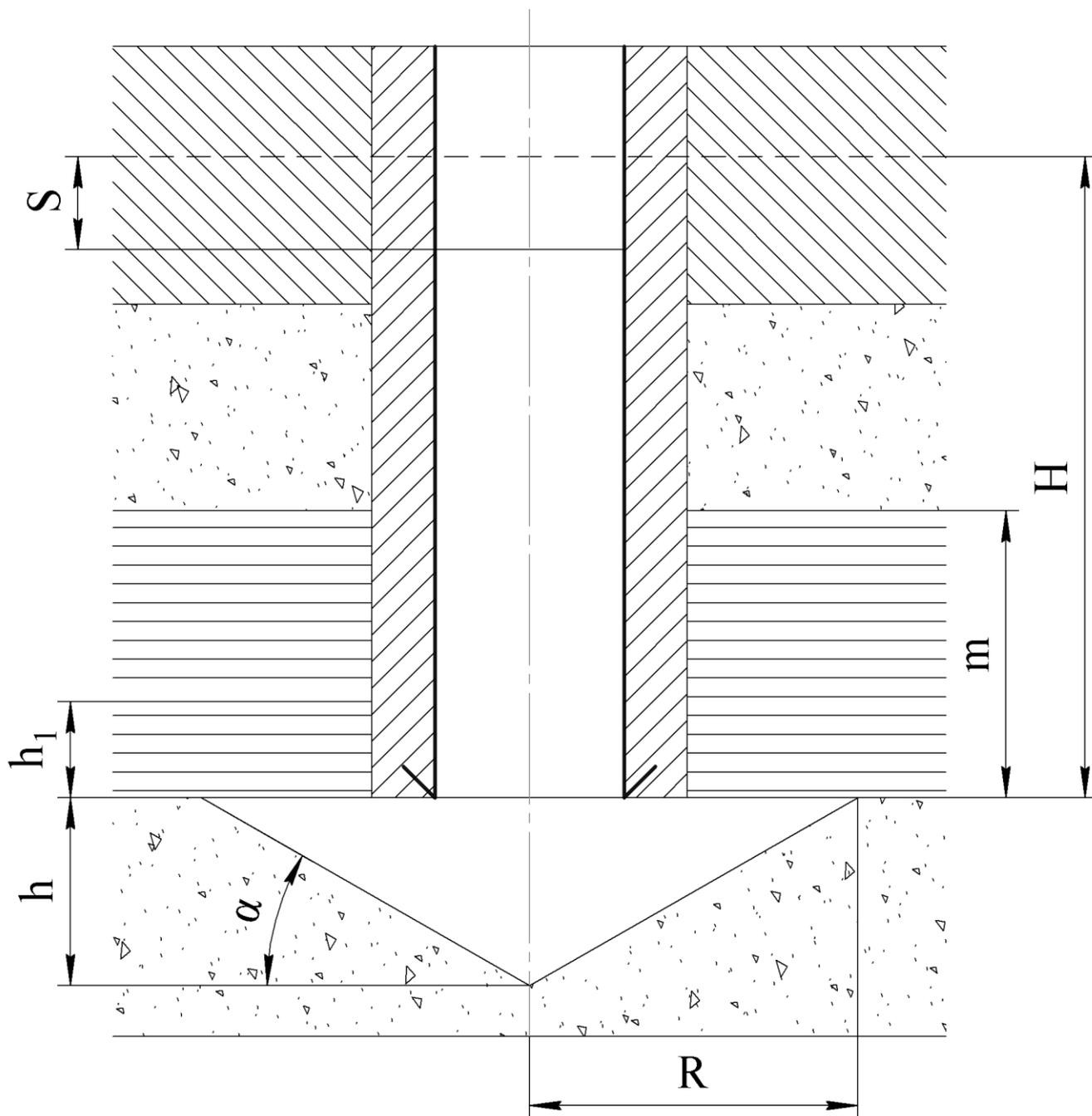


Рисунок 3. Бесфильтровая скважина

Расчет бесфильтровой скважины проводится с целью определения размеров полости, обеспечивающей необходимую пропускную способность, и выяснения устойчивости кровли сформированной полости.

Проектный дебит ( $Q \text{ м}^3/\text{ч}$ ) бесфильтровой скважины ориентировочно может быть подсчитан по формуле:

$$Q = \frac{\pi R^2 V_{\phi}}{\cos \alpha}, \quad (4)$$

где:  $R$  – радиус полости;

$V_{\phi}$  – скорость фильтрации, м/ч;

$\alpha$  – угол естественного откоса ( $\alpha \cong 20-25^\circ$ )\*

(\* свободная поверхность откоса рыхлой горной породы сохраняет свой наклон под некоторым углом к горизонтальной плоскости, называемым углом естественного откоса.)

Скорость фильтрации:

$$V_{\phi} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot k \cdot (1 - \Pi) \cdot (\rho_n - 1),$$

где:  $\eta_1 = 0,7 \div 0,8$  – коэффициент запаса;  $\eta_2$  – коэффициент, учитывающий уменьшение скорости фильтрации в зависимости от угла откоса песка, для мелкозернистого песка  $\eta_2 = 0,9$ , для среднезернистого  $\eta_2 = 0,8$ , для крупнозернистого  $\eta_2 = 0,74$ ;  $k$  – коэффициент фильтрации, м/сут;  $\Pi \approx 0,3 \div 0,4$  – пористость песка;  $\rho_n$  – относительная плотность пород водоносного пласта.

Радиус полости, м:

$$R = \sqrt{\frac{24Q \cos \alpha}{\pi V_{\phi}}}. \quad (5)$$

Устойчивость пород кровли определяются следующим образом:

$$h_1 = \frac{R}{f}, \quad (6)$$

где:  $h_1$  – высота свода естественного равновесия пород кровли, м;

$f$  – коэффициент крепости пород

( $f = \frac{\sigma_{сж}}{100}$ ),  $\sigma_{сж}$  – предел прочности породы на одноосное сжатие (даН/см<sup>2</sup>).

Породы кровли обрушаться не будут, если давление воды на непроницаемую кровлю будет больше давления столбика породы в пределах свода естественного равновесия:

$$h_1 \rho_k < (H - S) \rho_w, \quad (7)$$

где:  $H$  – превышение статического уровня воды над кровлей водоносного горизонта, м;  $S$  – понижение уровня при откачке, м;  $\rho_k$  – относительная плотность пород кровли ( $\rho_k = 2,5 - 3$ ); относительная плотность воды  $\rho_w = 1$

Учитывая (6) и (7) условие устойчивости можно представить в виде:

$$R < \frac{(H - S)f}{\rho_k}. \quad (8)$$

Дополнительным условием устойчивости пород кровли является условие:

$$h_1 \leq 0,75m, \quad (9)$$

где:  $m$  – мощность устойчивых пород кровли, м.

Если неравенства выполняются, породы кровли (в случае их непроницаемости) не обрушаются, то бесфильтровую скважину проектировать можно.

После цементирования эксплуатационной колонны, продолжают бурение в пределах водоносного слоя на глубину 1,5-2 м от кровли, после чего начинают разработку полости.

Формирование водоприемной полости производится эрлифтной откачкой с помощью компрессора, либо водоструйным насосом. На первом этапе откачки во избежание образования песчаных пробок в скважину опускается колонна труб, по которой подается вода от бурового насоса, входящего в комплект буровой установки. После разработки каверны в зоне пласта подача воды прекращается.

При сдаче скважины в эксплуатацию, производительность водозабора должна быть меньше производительности при опытной откачке в 1,3-1,5 раза.

В пылеватых и тонкозернистых песках, а также в случае недостаточно устойчивой кровли в водоприемную воронку может быть засыпан гравий.

#### Пример:

Дано: порода кровли сложена глинистыми сланцами,  $f=2,0$ ,  $\rho_k=2,9$ ; мощность кровли  $m=15$  м; пьезометрический напор пласта  $H=50$  м; максимальное понижение  $S=15$  м; водоносный пласт сложен мелкозернистыми песками,  $\alpha=20^\circ$ ,  $k=6$  м/сут.;  $\rho_n=1,8$  – относительная плотность песка;  $Q = 100$  м<sup>3</sup>/ч.

#### Решение:

Скорость фильтрации

$$V_{\Phi}=0,7 \cdot 0,9 \cdot 6 \cdot (1-0,4) \cdot (1,8-1) = 3,02 \text{ м/сутки};$$

Радиус полости бесфильтровой скважины:

$$R = (24 \cdot 100 \cdot 0,9 / (\pi \cdot 3,02))^{0,5} = 15,4 \text{ м.}$$

Условия устойчивости

$$h_1 = 15,4 / 2 = 7,7 \text{ м,}$$

$$15,4 < (50 - 15) \cdot 2 / 2,9,$$

$$15,4 < 24,$$

$$0,75 \cdot m = 0,75 \cdot 15 = 11,2 \text{ м,}$$

$$7,7 < 11,2.$$

Условия устойчивости кровли выполняются, поэтому проектировать бесфильтровую скважину можно.

## **11. Глубина скважины**

Глубина эксплуатационных скважин определяется расстоянием до кровли водоносного пласта, расчетной длиной рабочей части фильтра и длиной отстойника.

Глубина разведочных скважин определяется расстоянием до кровли водоносного пласта, мощностью водоносного пласта и интервалом бурения в подстилающих породах.

## 12. Выбор типоразмера насоса и диаметра эксплуатационной колонны

В настоящее время для подъема воды из скважины применяются в основном погружные центробежные насосы с вертикальным валом и погружным электродвигателем, эрлифты и водоструйные насосные установки.

Погружные центробежные насосы получили наибольшее распространение типа ЭЦВ, а также иномарки типа GRUNDFOS. Причем подрядчики, несмотря на значительную стоимость, предпочтение отдают насосам GRUNDFOS вследствие их высокой надежности.

Эрлифты применяются, как правило, на стадии освоения скважины и могут работать в воде с большим содержанием твердых частиц. Для эксплуатации скважин эрлифты не применяются из-за низкого к.п.д.

Водоструйные насосные установки применяются как на стадии освоения, так и на стадии эксплуатации и могут работать в безнапорных горизонтах в воде с большим содержанием твердых частиц.

Диаметры и марка погружного центробежного насоса выбираются исходя из требуемого напора и подачи по табл. 6.

Таблица 6

Погружные центробежные насосы

Тип насоса (ЭЦВ и GRUNDFOS)	Подача м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Диаметр, мм
1	2	3	4
ЭЦВ4	1,6 - 4	30-130	95
ЭЦВ5	2,5 - 6	до 130	114
ЭЦВ6	6-16	до 250	142
ЭЦВ8	20-63	до 300	186
ЭЦВ10	63-210	до 300	234
ЭЦВ12	120-400	до 400	281
ЭЦВ14	120-500	до 600	328
SQ1	0,5-1,5	35-160	74
SQ2	1,5-3	35-120	74
SQ3	1,5-3,5	30-110	74
SQ5	3-6	15-70	74
SP1	1	190	101
SP2	2	350	101
SP3	3	340	101
SP5	5	400	101-140
SP8	8	500	101-140
SP14	14	150	101-140
SP17	17	500	140-175
SP30	30	500	142-192
SP46	46	350	145-192
SP60	60	300	146-195
SP77	77	280	200-209

SP95	95	230	200-205
SP125	125	400	222-229
SP160	160	360	222-229
SP215	215	380	241

*Примечание. ЭЦВ6-16-90 (6 - диаметр в дюймах, 16 - подача м<sup>3</sup>/ч, 90-напор в метрах); SQ(P)2-150 (2 - подача м<sup>3</sup>/ч, 150 - напор в метрах), 1 дюйм= 25,4 мм.*

Внутренний диаметр эксплуатационной колонны должен быть больше диаметра насоса на 20-40 мм для обеспечения его спуска-подъема и безаварийной работы, табл. 4.

Центробежные погружные электронасосные агрегаты типа ЭЦВ предназначены для откачки из скважин чистой воды с содержанием твердых механических примесей не более 0,01% по массе и минерализацией до 1500 мг/л (сухой остаток). Агрегат состоит из центробежного насоса и погружного электродвигателя, расположенного под насосом.

В комплект поставки входит сам агрегат ЭЦВ, система автоматического управления, силовой кабель и пояса для его закрепления на водоподъемной колонне труб.

Электронасосный агрегат опускают в скважину на колонне стальных водоподъемных труб, по которым откачиваемая насосом вода подается на поверхность.

Агрегат ЭЦВ располагается в скважине так, чтобы динамический уровень воды был не менее чем на 1-6 м выше первой ступени насоса. Монтаж и демонтаж агрегатов ЭЦВ ведут с помощью буровой установки или автокрана. В табл.7 приведены характеристики водоподъемного оборудования в зависимости от условий применения.

Таблица 7

Условия применения и характеристики водоподъемного оборудования

Насосные установки, насосы, снаряды.	Характерные условия применения	Рекомендуемая откачиваемая жидкость	Характеристики оборудования
1	2	3	4
Поверхностные горизонтальные центробежные насосные установки	Опытные и пробно-эксплуатационные откачки. Глубина динамического уровня до 6-8 м. Любые диаметры и глубины скважин. Любые дебиты	Чистая вода	Привод от поверхностного двигателя. Высокие значения КПД установок: $\eta = 0,45 \div 0,85$

<p>Погружные вибрационные насосы типа «Малыш», НГ и др.</p>	<p>Предварительные, опытные и пробно-эксплуатационные откачки. Диаметры корпусов насосов <math>D_n = 97</math> и <math>165</math> мм. Напоры <math>H</math> до <math>60</math> м. Малые глубины скважин (до <math>60</math> м) и малые дебиты (<math>Q=0,5-3</math> м<sup>3</sup>/ч). Глубина погружения насосов под динамический уровень не менее <math>1</math> м.</p>	<p>Чистая вода</p>	<p>При откачке воды с песком наблюдается интенсивный износ насосов. Высокие значения КПД насосов <math>\eta = 0,4 \div 0,8</math></p>
<p>Желонки</p>	<p>Предварительные откачки из скважин тартанием. Скважины любых диаметров и глубин. Малые дебиты откачек.</p>	<p>Чистая вода, пульпа с высоким содержанием твердой фазы.</p>	<p>Необходимы поверхностный двигатель и лебедка. Колебания уровня воды при тартании способствует разглинизации скважины. Низкий КПД откачки.</p>
<p>Погружные центробежные насосы типа «Кама», ЭЦВ, SP и др.</p>	<p>Предварительные, опытные и пробно-эксплуатационные откачки. Скважины любых диаметров и глубин. Любые дебиты откачек. Чем больше диаметр корпуса насоса, тем больше подача. Глубина погружения насосов под динамический уровень не менее <math>1</math> м.</p>	<p>Чистая вода, пульпа с содержанием песка до <math>50</math> г/м<sup>3</sup></p>	<p>При откачке воды с содержанием песка выше <math>50</math> г/м<sup>3</sup> наблюдается сильный износ насосов, приводящий к частым ремонтно-восстановительным работам. Высокие значения КПД насосов: <math>\eta = 0,46 \div 0,77</math></p>
<p>Штанговые поршневые насосы</p>	<p>Предварительные, опытные и пробно-эксплуатационные откачки. Диаметры корпусов насосов <math>D_n=50-150</math> мм. Дебиты <math>Q=3-50</math> м<sup>3</sup>/ч</p>	<p>Чистая вода</p>	<p>Привод от буровых ударно-канатных станков или насосных качалок. Высокие значения КПД насосов.</p>

<p>Эрлифтные установки</p>	<p>Предварительные, опытные и пробно-эксплуатационные откачки. Коэффициент погружения смесителя не менее 1,5. Любые дебиты откачек.</p>	<p>Чистая вода, пульпа с высоким содержанием м твёрдой фазы.</p>	<p>Привод от компрессора. Низкий КПД установок: <math>\eta = 0,2 \div 0,35</math>. Отсутствует износ оборудования при высоком содержании песка в воде. Невозможно применение в безнапорных горизонтах.</p>
<p>Водоструйные насосные установки.</p>	<p>Предварительные, опытные и пробно-эксплуатационные откачки. Насосы с пакерами (типа НВ, НЭ, УНВ) можно применять только в водоподъемных колоннах диаметром 89, 108, 127, 146 и 168 мм. Насосные установки без пакеров (типа ВН, ВНШ) можно применять и в необсаженных скважинах диаметром <math>\geq 150</math> мм. Напоры до 120 м. Дебиты откачек <math>Q=3-20 \text{ м}^3/\text{ч}</math></p>	<p>Чистая вода, пульпа с высоким содержанием м твёрдой фазы.</p>	<p>Привод от поверхностного поршневого или центробежного насоса. Низкие значения КПД водоструйных насосов <math>\eta \leq 0,3</math>. КПД водоструйных насосных установок 0,1 – 0,7. Отсутствует износ оборудования при высоком содержании песка в воде. Возможно применение как в напорных, так и в безнапорных горизонтах.</p>

### 13. Выбор и расчет конструкции скважины

Конструкция скважины зависит от способа бурения, геологических условий, дебита и динамического уровня, а также от обеспечения зоны санитарной охраны.

Для каждой сооружаемой скважины на воду составляют индивидуальный проект. Стержнем проекта скважины на воду является конструкция скважины.

При составлении конструкции скважины на воду ее глубина определяется местоположением кровли и глубиной вскрытия водоносного горизонта. Если мощность водоносного горизонта небольшая, то его следует вскрыть полностью и пробурить до водоупора с целью размещения отстойника фильтра. Если мощность водоносного горизонта большая, то водоприемная часть скважины должна находиться в интервале максимальной водопроницаемости пласта. Интервал максимальной водопроницаемости пласта определяют при помощи геофизических исследований.

Если водообильность скважины большая, то нет необходимости вскрывать водоносный пласт полностью, достаточно углубиться на 5-10 м, но чем меньше водопроницаемость пород, тем на большую глубину нужно вскрывать водоносных горизонт. Однако следует иметь в виду возможность повышения минерализации воды с увеличением глубины скважины.

В соответствии с проектным дебитом рассчитывается расход (в м<sup>3</sup>/ч) воды из скважины

$$Q = N \cdot n \cdot k / t, \quad (10)$$

где: N – норма воды на единицу потребителей, м<sup>3</sup>/сут;

n – число единиц потребителей;

k – 1,5÷2,5 – коэффициент суточной неравномерности;

t – продолжительность работы водоподъемника;

t=20-22 ч/сут - для крупный объектов;

t=8-12 ч/сут – для средних небольших объектов.

Если ожидаемый дебит меньше проектного, то определяется число скважин

$$n_c = Q / Q_{\text{СКВ}}.$$

В соответствии с характером пород водоносного горизонта выбирают тип водоприемной части скважины (фильтровая или бесфильтровая) и тип фильтра. Зная заранее установленную мощность вскрытия водоносного пласта, можно задаться длиной рабочей части фильтра и определить его минимально необходимый диаметр. В соответствии с расчетами и стандартными размерами труб подбирают диаметр фильтра и устанавливают конечный диаметр скважины. По проектному расходу Q и ожидаемому динамическому уровню воды в скважине подбирают водоподъемник, а по его габаритам – эксплуатационную колонну, в которой он будет установлен. Внутренний диаметр эксплуатационной колонны должен быть больше диаметра водоподъемника на 20-40 мм. Затем выбирают способ установки фильтра в скважине: на эксплуатационных трубах или впотай.

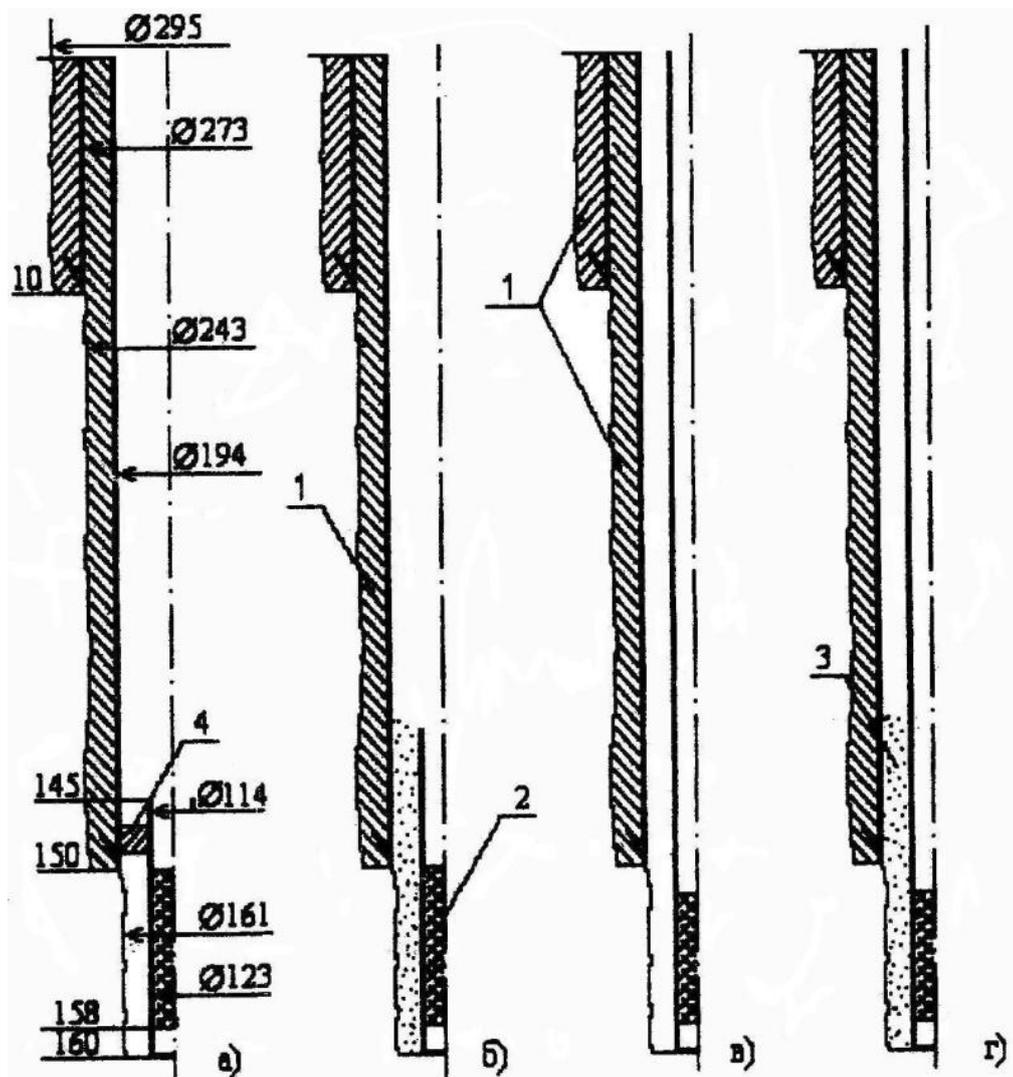


Рисунок 4. Конструкции фильтровых скважин:

а) сетчатый фильтр установленный впотай, б) гравийный фильтр установленный впотай, в), г) соответственно сетчатый и гравийный фильтры с надфильтровой трубой выходящей на поверхность.

1 – цементация затрубного пространства; 2 – сетчатый фильтр; 3 – гравийный фильтр; 4 – сальник

При вращательном бурении скважин на воду с прямой промывкой применяют практически два типа фильтрационных колонн.

При малых дебитах надфильтровая труба выходит на поверхность, рис.4 в),г). В таких скважинах не предполагается установка водоподъемного насоса большого диаметра.

При значительных дебитах фильтровая колонна устанавливается "впотай" (рис.4 а, б) в эксплуатационной колонне. Такая конструкция скважины позволяет разместить насосы с высокой подачей, имеющие большие поперечные размеры, а также быстро произвести замену фильтра в случае его кольматации или коррозии.

Зная диаметр эксплуатационной колонны, и исходя из необходимости крепления пород геологического разреза, а также обеспечения санитарно-технической надежности скважины, определяют число промежуточных колонн,

их диаметры и глубины спуска, подбирают типоразмеры долот для бурения интервалов под каждую обсадную колонну. Зазор между стенками скважины и муфтами обсадных труб в случае цементирования должен быть 20 мм для труб диаметром до 250 мм и 25-40 мм для труб большего диаметра.

При бурении вращательным способом с промывкой в зависимости от глубины скважины возможны следующие их конструкции. Если водоносный пласт залегает на глубине до 100 м, то после установки направления на глубину 2-10 м бурение до водоносного горизонта продолжают долотом одного диаметра. Далее устанавливают эксплуатационную колонну и цементируют ее от башмака до устья скважины и вскрывают водоносный горизонт. Такая конструкция называется одноколонной. При залегании водоносного горизонта на глубине более 200 м принимается двух- или трехколонная конструкция скважин и более. Кондуктор и эксплуатационную колонну, а в некоторых случаях и промежуточные колонны следует цементировать.

После того, как было определено необходимое количество обсадных колонн, приступают к определению диаметров обсадных колонн и долот. Расчет диаметров ведется снизу вверх. За исходный размер принимается диаметр эксплуатационной колонны (фильтровой) или конечный диаметр ствола скважины, если спуск обсадной (фильтровой) колонны проектом не предусмотрен.

Диаметр долота для бурения под обсадную колонну определяется по ее габаритному наружному размеру (наружный диаметр соединительной муфты) с таким расчетом, чтобы обсадная колонна свободно проходила по стволу скважины с регламентируемым радиальным зазором, табл.8

Расчетный диаметр долота определяется по формуле:

$$D_{д.р.} = D_{м} + 2\delta, \quad (11)$$

где:  $D_{м}$ - наружный диаметр соединительной муфты обсадной колонны;  
 $2\delta$  - разность диаметров по табл.8.

Таблица 8

Минимальная допустимая разность диаметров ствола скважины и муфты обсадной колонны

Номинальный диаметр обсадной колонны, мм	Разность диаметров $2\delta$	Номинальный диаметр обсадной колонны, мм	Разность диаметров $2\delta$
114,3	15,0	273,1	35,0
127,0		298,5	
139,7	20,0	323,9	35,0-45,0
146,1		426,0	
168,3	25,0		
244,5			

Затем по расчетному диаметру  $D_{д.р.}$  находится ближайший нормализованный диаметр  $D_{д.н.}$  по табл. 9.

Наружные диаметры долот

93	151	320
97	161	349
112	190	394
120	215	445
132	245	490
140	269	*
145	295	*

Установленный таким образом нормализованный диаметр долота позволяет рассчитать внутренний диаметр обсадной колонны, через которую это долото должно свободно пройти.

$$d_{\text{вн}} = D_{\text{д.н.}} + 2\Delta, \quad (12)$$

где:  $\Delta$  – радиальный зазор между долотом и стенкой обсадной трубы, обычно принимается  $\Delta=5\div 10$  мм (причем нижний предел для труб малого диаметра)

По известному внутреннему диаметру  $d_{\text{вн}}$  обсадной трубы по табл. 4 подыскивается нормализованный (условный) диаметр обсадной колонны.

Пример:

Исходные данные: глубина скважины равна 220 м. Пласт напорный. Фильтровая колонна установлена "впотай" диаметром 168 мм. Рассчитать двухколонную конструкцию скважины.

Решение:

1. Определим расчетный диаметр долота под фильтровую колонну диаметром 168 мм.

$$D_{\text{д.р.}} = d_{\text{м}} + 2\delta,$$

по табл. 4 находим диаметр муфты фильтровой колонны, который равен 188 мм, тогда

$$D_{\text{д.р.}} = 188 + 20 = 208 \text{ мм.}$$

2. Выбираем по табл. 9 ближайший нормализованный диаметр долота  $D_{\text{д.н.}}=215$  мм.

3. Внутренний расчетный диаметр эксплуатационной колонны

$$D_{\text{э.вн.}} = D_{\text{д.н.}} + 2\Delta = 215 + 10 = 225 \text{ мм.}$$

4. Определяем по табл. 4 нормализованный диаметр эксплуатационной колонны

$$D_{\text{э.н.}}=245 \text{ мм.}$$

5. Определяем расчетный диаметр долота под эксплуатационную колонну по табл. 4

$$D_{\text{д.р.}} = 260 + 2\delta = 260 + 20 = 280 \text{ мм.}$$

6. Выбор ближайшего нормализованного диаметра долота под эксплуатационную колонну по табл. 9.

$$D_{д.н.} = 295 \text{ мм.}$$

7. Определяем внутренний расчетный диаметр кондуктора

$$d_{к.вн} = D_{д.н.} + 2\Delta = 295 + 15 = 310 \text{ мм.}$$

8. Нормализованный диаметр кондуктора по табл. 4

$$D_{н.к.} = 340 \text{ мм.}$$

9. Определяем расчетный диаметр долота под кондуктор

$$D_{д.р.} = 356 + 2\delta = 356 + 25 = 381 \text{ мм.}$$

10. Определяем по табл. 9 ближайший нормализованный диаметр долота под кондуктор  $\rightarrow 394$  мм.

11. Определяем внутренний расчетный диаметр направления

$$d_{н.вн} = D_{д.н.} + 2\Delta = 394 + 15 = 409 \text{ мм.}$$

12. Нормализованный диаметр направления равен 473 мм.

13. Определим расчетный диаметр долота под направление

$$D_{д.р.} = 495 + 2\delta = 495 + 40 = 535 \text{ мм.}$$

Выбираем лопастью расширитель пилотный  $\frac{\text{РЛПЗ-590}}{444,5}$ ;

в числителе – номинальный калибрующий наружный диаметр по периферийным боковым поверхностям лопастей, мм;

в знаменателе – диаметр долота, производящего бурение скважины, мм;

В настоящее время при бурении неглубоких скважин на воду применяются обсадные трубы с безмуфтовым соединением. Труба в трубу. Применяются стальные трубы диаметром 114 и 133 мм с толщиной стенки 5 мм. Также применяются поливинилхлоридные трубы (ПВХ) следующих типоразмеров:

Таблица 10

Поливинилхлоридные трубы (ПВХ)

Диаметр, мм	Толщина стенки, мм
110	8
127	10
140	12

При бурении скважин глубиной более 100 м также применяются стальные обсадные трубы, соединяемые при помощи электросварки.

При использовании безмуфтовых труб расчетный диаметр долота определяется как:

$$D_{д.р.} = D_{н.} + 2\delta, \quad (13)$$

где:  $D_{н.}$  - наружный диаметр обсадной колонны, мм;

$2\delta$  - минимальная допустимая разность диаметров ствола скважины и обсадной колонны, мм.

### Конструкция разведочных скважин

При проектировании разведочных скважин для уточнения геологического разреза и опробования водоносных горизонтов применяют обсадные трубы

геологоразведочного сортамента и коронки геологоразведочного сортамента, табл.11.

Таблица 11

Обсадные трубы геологоразведочного сортамента

Нужный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Внутренний диаметр ниппеля, мм	Масса 1 м трубы, кг
73	5	63	6,4
89	5	79	8,4
108	5	98	10,9
127	5	117	13,6
146	5	136	15,7

При применении для исследований комплектов испытателей пластов применяют

КИИ -95 – для скважин диаметром от 118 мм до 161 мм.

КИИ -65 – для скважин диаметром от 76 мм до 112 мм.

Если применяется опережающий метод опробования, то следует применять породоразрушающий инструмент диаметром 76 мм.

Если применяется съемный испытатель пластов СИП -3, то диаметры породоразрушающего инструмента в зависимости от диаметра резинового элемента пакера составят 76 мм, 93 мм и 112 мм.

Конечные диаметры определяются условием получения кондиционного выхода керна и спуска оборудования для испытания пластов.

Для мягких пород, исходя из условия получения кондиционного выхода керна, минимальный диаметр бурения составит 93 мм.

На рис.5 представлена конструкция разведочной скважины на воду, которая позволяет уточнить разрез и провести испытание, в случае необходимости, водоносного пласта.

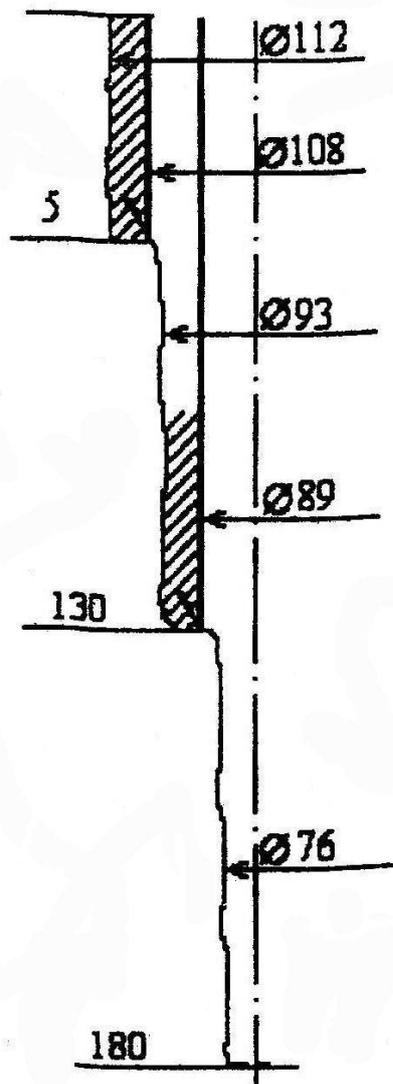


Рисунок 5. Конструкция разведочной скважины на воду

Конструкция скважин при вращательном бурении с обратно-всасывающей промывкой.

Конструкции скважин с обратно-всасывающей промывкой характеризуются тем, что скважина бурится одного диаметра. Устанавливается направление и эксплуатационная колонна с оборудованием водоприемной части гравийно-обсыпным фильтром. Большой размер диаметра скважины, до 1300 мм, позволяет достигать больших дебитов, рис.6.

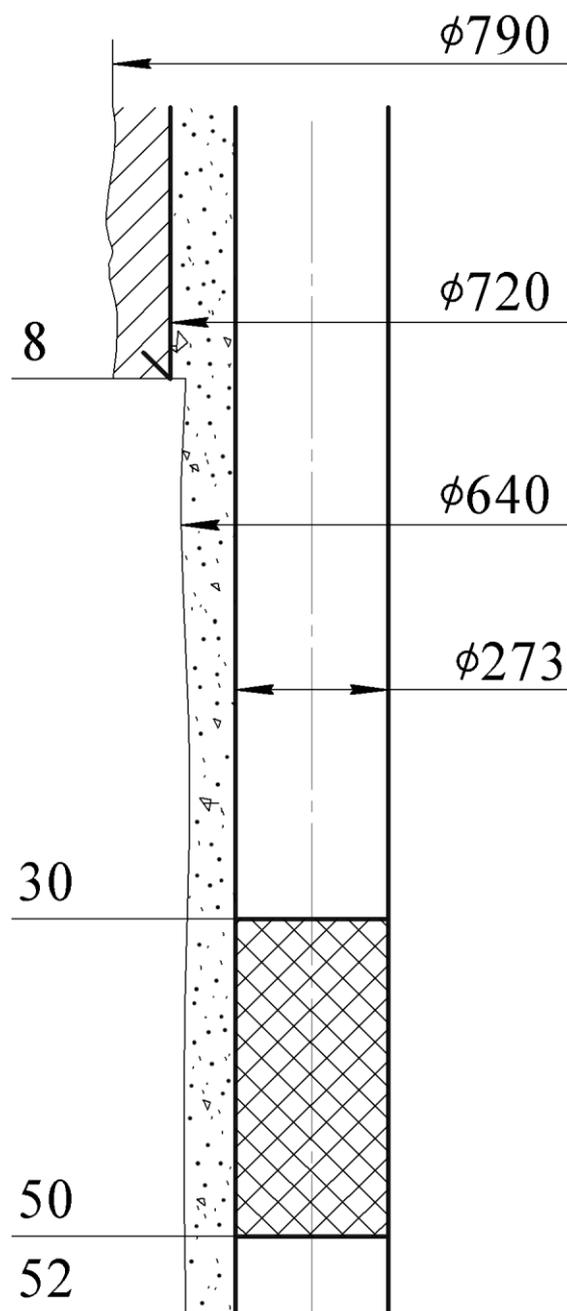


Рисунок 6. Конструкция скважины для вращательного бурения с обратной промывкой

Пример:

Выбрать и рассчитать конструкцию эксплуатационной скважины для вращательного способа с обратной промывкой. Проектный дебит 150 м<sup>3</sup>/ч.

0-30 – глины плотные;

30-50 – пески мелкозернистые обводненные;

50-80 – глины плотные.

Статический уровень – 10 метров ниже устья. Понижения при откачке – 10 метров.

1. Тип фильтра – гравийный.

2. Диаметр каркаса фильтра

$$D_k = \frac{\alpha Q}{L} = \frac{80 \cdot 150}{20} = 600 \text{ мм.}$$

3. Подбираем электропогружной насос ЭЦВ 10-160-30.

Примем, что насос размещается в трубах  $\varnothing 273 \text{ мм}$ .

4. Диаметр гравийного фильтра при вращательном бурении определяется диаметром долота

$$D = D_d = 640 \text{ мм.}$$

5. Направляющая труба должна пропускать долота 640 мм, принимаем электросварные трубы  $\varnothing 720 \text{ мм}$ .

6. Диаметр долота для забурки скважины

$$D_d = D_* + 2\delta = 720 + 45 = 765,$$

$$D_d = 765 \text{ мм.}$$

#### 14. Выбор буровой установки

Выбор буровой установки производится с учетом ранее установленной конструкции скважины и принятого способа бурения.

Буровые установки вращательного способа бурения на воду с прямой промывкой водой должны подбираться по следующим основным требованиям:

1. Грузоподъемность должна быть больше веса наиболее тяжелой колонны.
2. Проходное отверстие ствола ротора должно обеспечивать прохождение обсадной колонны наибольшего размера.
3. Производительность буровых насосов должна обеспечивать транспортировку шлама из скважины.
4. Транспортабельность.

В настоящее время в практике сооружения скважин на воду в России применяются в основном самоходные буровые установки роторного типа и с подвижным вращателем.

##### Установка ПБУ-2

ПБУ-2 может быть установлена на различные транспортные средства: автомобили и шасси повышенной проходимости типа АМУР (ЗИЛ-131), УРАЛ, КамАЗ, транспортную гусеничную машину ТГМ-126, МТЛБу, тракторы ТТ-4 и ТЛТ-100А, на санное основание и другие шасси.

Подвижный вращатель с механическим приводом в сочетании с мощным гидравлическим механизмом подачи позволяют создавать значительную осевую нагрузку на породоразрушающий инструмент с первых метров бурения.

Конструкция вращателя буровой установки обеспечивает возможность его отвода в сторону от оси скважины для выполнения спуско-подъемных операций, установки обсадных колонн и реализации технологии ударно-канатного бурения с использованием буровой лебедки.

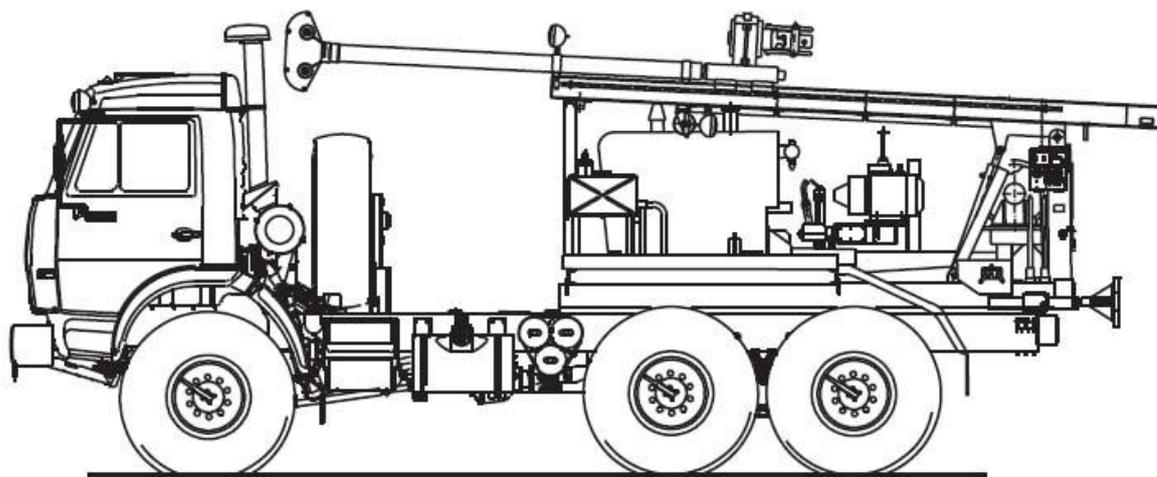


Рисунок 7. Схема буровой установки ПБУ-2

### Установка УБР - 12

Буровая установка УБР-12 предназначена для бурения гидрогеологических, геологических и сейсмических скважин шнеками до глубины 50 м, долотами и коронками с прямой промывкой до 200 м.

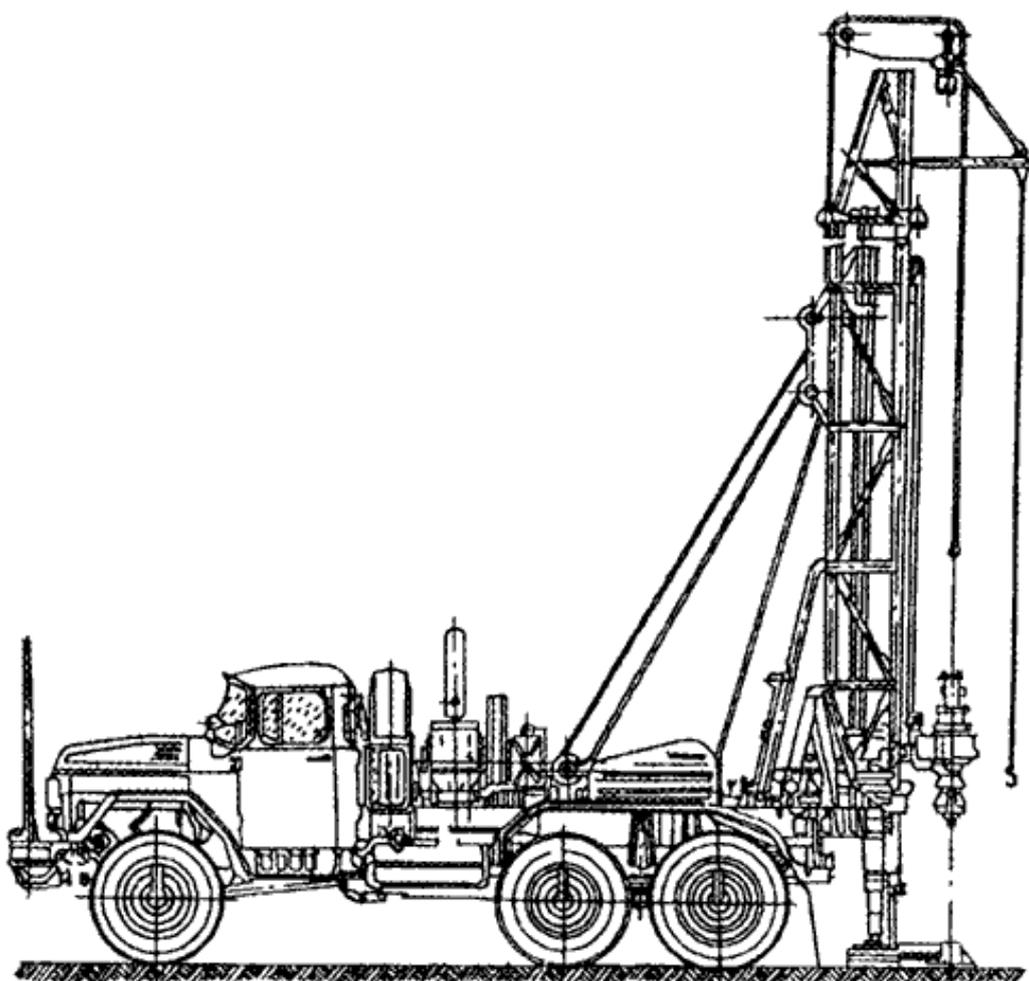


Рисунок 8. Схема буровой установки УБР-12

### Установка УРБ-2А2

Одна из самых популярных установок в центральном регионе при бурении скважин на воду. Станок прост, легок и удобен. Большое количество этих станков определило развитую ремонтную базу.

Установка может быть смонтирована на шасси автомобилей повышенной проходимости, таких как УРАЛ, ЗИЛ, КАМАЗ, АМУР, а также других марок; на гусеничных шасси МТЛБУ, ТТ-4, ГАЗ-71 и других.

Данная буровая установка комплектуется как буровыми насосами для бурения с промывкой, так и компрессором для бурения с продувкой воздухом.

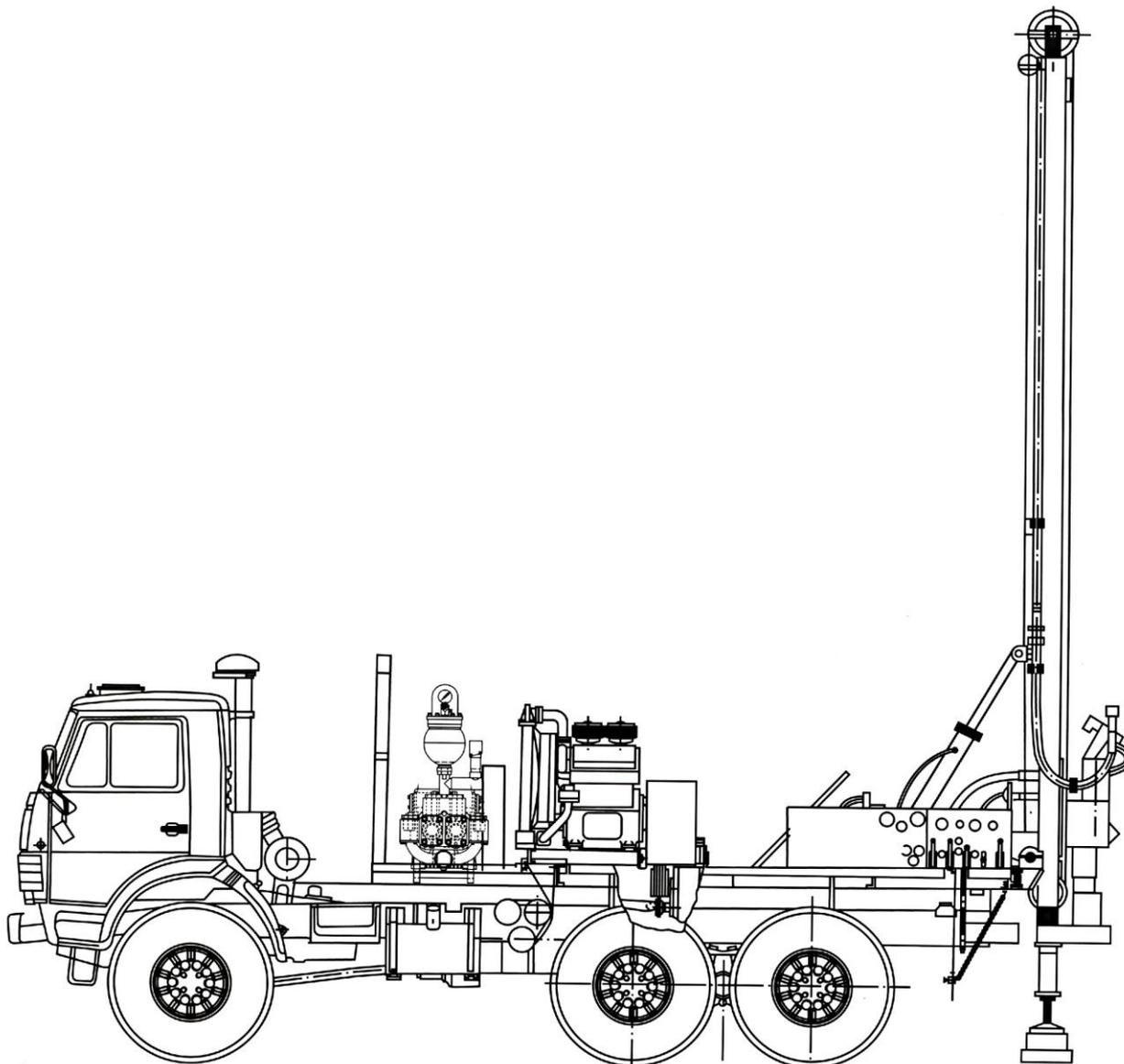


Рисунок 9. Схема буровой установки УРБ-2А2

### Установка УРБ-3А3

Установки разведочного бурения типа УРБ-3А3 монтируются на самоходное шасси типа МАЗ или самоходное шасси повышенной проходимости типа УРАЛ. Также встречаются варианты буровых установок на шасси КАМАЗ, КРАЗ и даже зарубежных производителей. Установки оснащены ротором.

Установка может бурить с промывкой при помощи грязевых буровых насосов, а также с продувкой забоя сжатым воздухом.

Так же установка оборудована устройством для свинчивания-развинчивания бурильных труб. Широкий диапазон скоростей на роторе и лебедке позволяет выбрать оптимальный режим бурения.

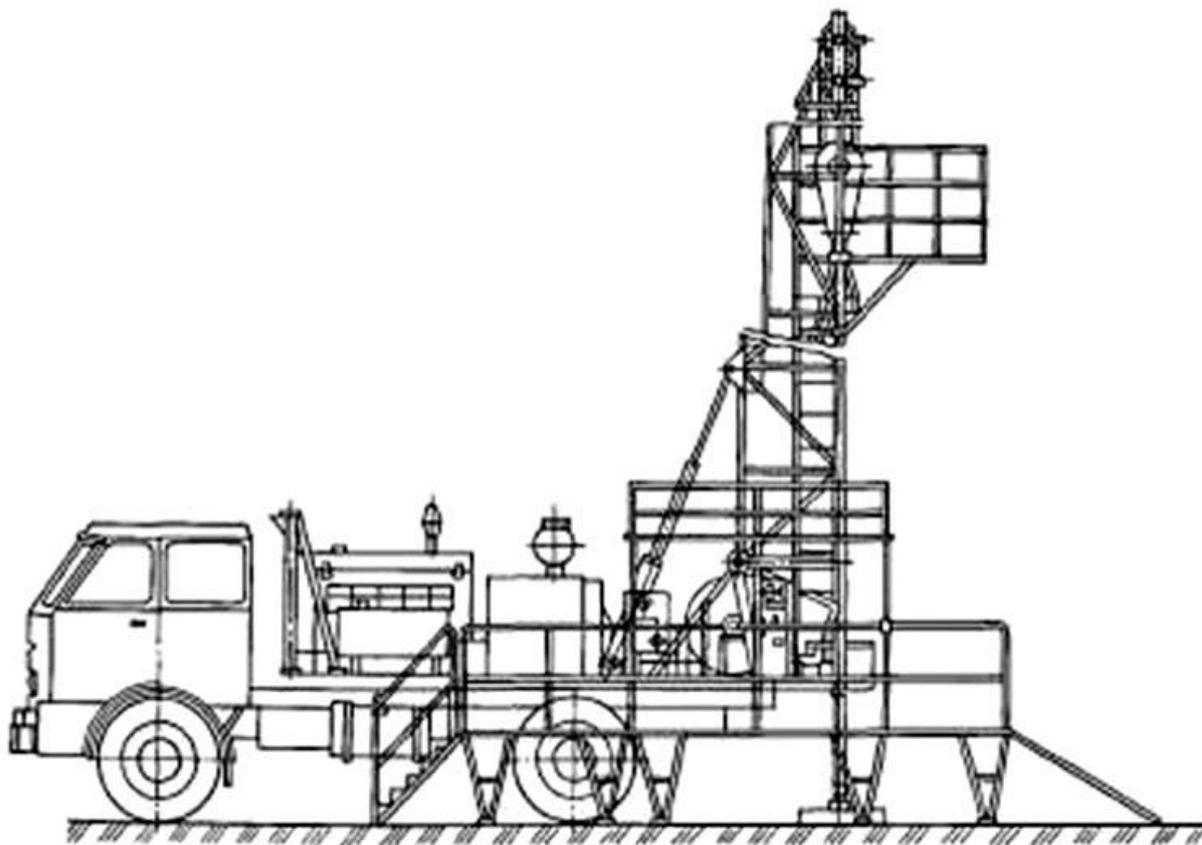


Рисунок 10. Схема буровой установки УРБ-3А3

#### Установка 1БА-15В

Основное оборудование агрегата смонтировано на автоприцепах, что обеспечивает высокую маневренность и сокращает затраты времени на транспортировку и монтажно-демонтажные работы. Запас мощности и возможность привода любых механизмов от каждого из двух двигателей повышает надежность ведения буровых работ и сокращает аварийные простои. Широкий диапазон скоростей на лебедке и роторе позволяет успешно вести различные работы. Конструкция агрегата позволяет без затруднений применять бурильные и обсадные трубы длиной 12 м и обсаживать скважины без снятия ротора трубами диаметром до 360 мм. Пневматическое управление основными механизмами значительно повышает оперативность и облегчает труд бурильщика, наличие также ручного управления обеспечивает надежность управления.

Мощный компрессор, входящий в состав агрегата, позволяет без потерь времени производить с помощью эрлифтов опытную откачку воды. Применение гидрораскрепителя и устройства для развинчивания бурильных труб диаметром 73 мм с помощью ротора облегчает и ускоряет выполнение спускоподъемных операций.

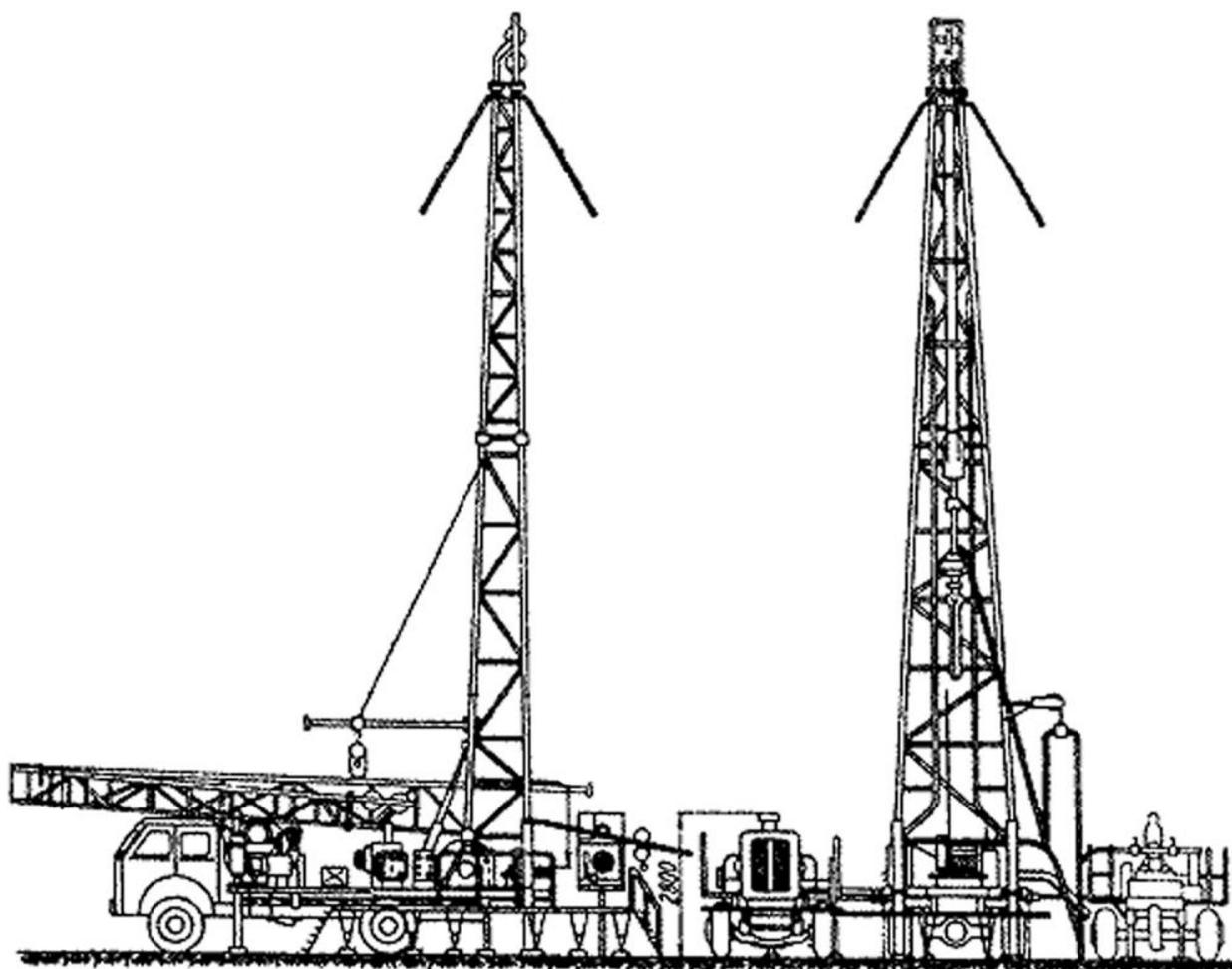


Рисунок 11. Схема буровой установки 1БА-15В

#### Установка УБВ-600

Самоходная буровая установка УБВ-600 состоит из следующих блоков: бурового (лебедочно-мачтового), насосного, роторного (рабочей площадки) и мостков с выдвижными стеллажами для труб. Установка предназначена для вращательного бурения скважин шарошечными долотами с промывкой.

Насосный блок включает два буровых насоса 9МГр-61, компрессор КТ-7. Роторный блок включает буровой ротор Р-410, подсвечник, приспособление для забуривания шурфа и другое оборудование. В состав блока также входит устройство для свинчивания и развинчивания долота (под ротором).

Особенности буровой установки - большая приводная и гидравлическая мощность, возможность раздельного и одновременного съема мощности с двух двигателей, механизация трудоемких процессов при вспомогательных операциях, самоходность основных блоков и их компактность, позволяющие монтировать оборудование на небольших площадках.

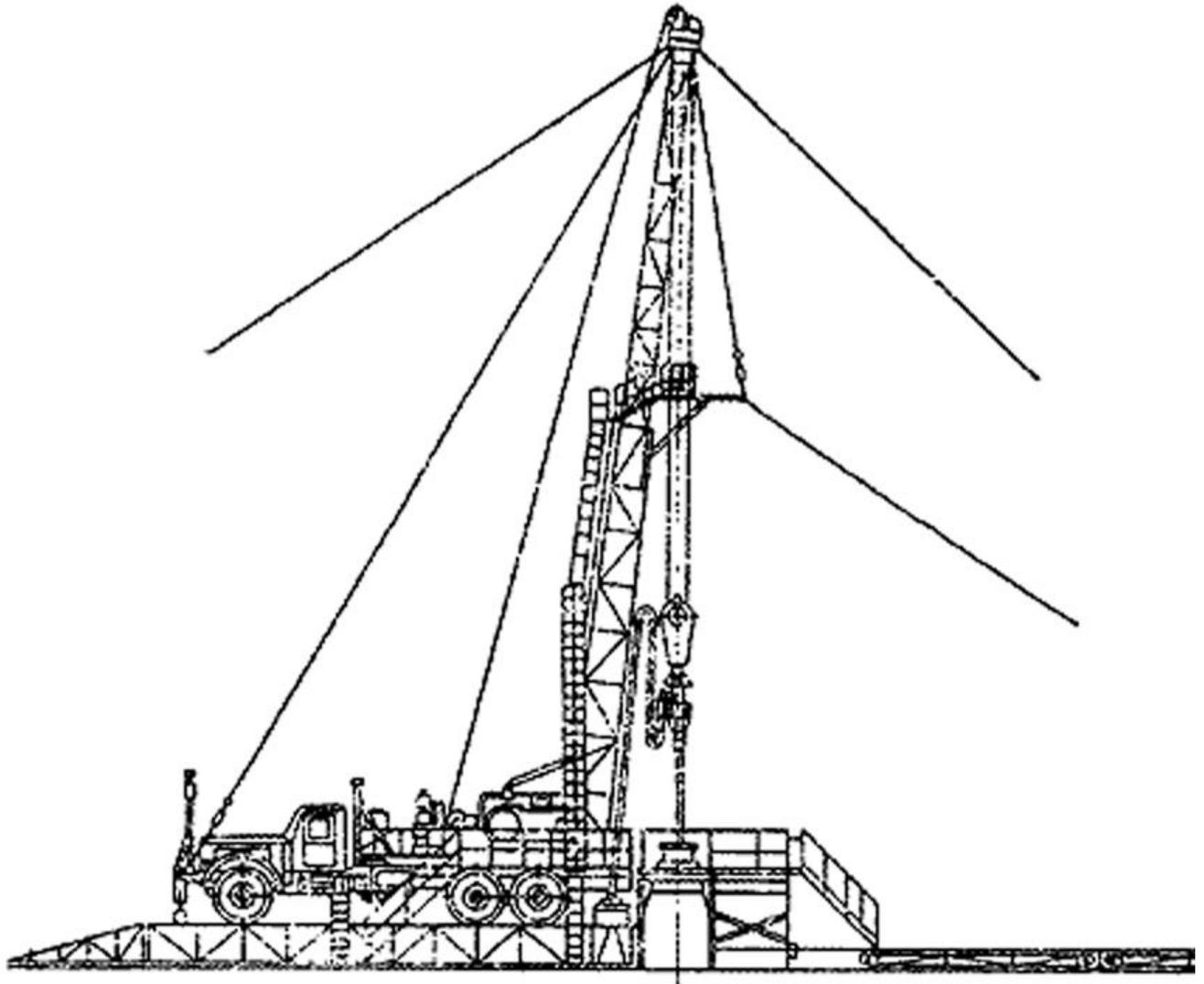


Рисунок 12. Схема буровой установки УБВ-600

Для вращательного бурения с обратной промывкой в России созданы буровые установки роторного типа 1БА-15К и УРБ-ЗАМОП. Кроме того, ОАО "ГЕОМАШ" совместно с компанией ВИРТ (Германия) создали современную буровую установку УБГ-00, предназначенную для бурения как разведочных, так и гидрогеологических скважин.

Установка имеет подвижный вращатель с ходом подачи 7 метров. Глубина бурения составляет 600 м при начальном диаметре 600 мм и конечном 190 мм. Установка позволяет бурить практически в любых геологических условиях. Применяют, в зависимости от поставленной цели и состава горных пород, способы бурения: вращательное колонковое и сплошным забоем с прямой, обратной промывкой и продувкой, шнековое, ударно-вращательное с применением забойных пневмо- и гидроударных машин.

В табл.12 приведены основные характеристики отечественных буровых установок.

Таблица 12

Самоходные буровые установки для вращательного бурения с прямой промывкой

Параметры	ПБУ - 2	УБР - 12	УРБ - 2А2	УРБ - 3А3	1БА - 15В	УБВ - 600
1	2	3	4	5	6	7
Глубина бурения шнеками	50	50	-	-	-	-
Глубина бурения, м	100	100	200	500	500-89бт; 600-73бт	600
Начальный диаметр бурения, мм	190	190	190	243	394	410
Конечный диаметр бурения	93	93	93	93	190	215
Диаметр бурильных труб	50	50	60,3	60,3; 73	89; 73	114
Частота вращения, об/мин	25-220	от 50 до 268	140; 225; 325;	110; 190; 314	65; 130; 245	105; 183
Производительность насоса, л/с	3	10	10	11,9	10	32
Грузоподъемность, кН	26	25	40	150	200	500

Для вращательного бурения с обратной промывкой в России созданы буровые установки роторного типа 1БА-15К и УРБ-ЗАМОП. Кроме того, ОАО "ГЕОМАШ" совместно с компанией ВИРТ (Германия) создали современную буровую установку УБГ-00, предназначенную для бурения как разведочных, так и гидрогеологических скважин. Установка имеет подвижный вращатель с ходом подачи 7 метров. Глубина бурения составляет 600 м при начальном диаметре 600 мм и конечном 190 мм. Установка позволяет бурить практически в любых геологических условиях. Применяют, в зависимости от поставленной цели и состава горных пород, способы бурения: вращательное колонковое и сплошным забоем с прямой, обратной промывкой и продувкой, шнековое, ударно-вращательное с применением забойных пневмо- и гидроударных машин.

Для бурения гидрогеологических скважин глубин до 120 м применяется современная шведская установка с подвижным вращателем "ЭКСПЛОРЕК - 40". В породах средней твердости и твердых применяют двойную бурильную колонну с наружным диаметром 89 мм с погружным пневмоударником диаметром 101,6 мм, диаметром долота 114,3 мм.

В разрезах, сложенных мягкими породами, бурение производят трехшарошечным долотом с промывкой глинистым раствором или продувкой. Вращение труб осуществляется в диапазоне от 0 до 97об/мин.

Для бурения разведочных скважин в скальных породах применяются установки колонкового бурения типа ЗИФ и УКБ ([19], с.197-204)

В зарубежной практике часто применяются станки Шведской фирмы Atlas Copco. Технические характеристики данных станков представлены в табл. 13.

Таблица 13

Зарубежные самоходные буровые установки для вращательного бурения

Параметры	ТН5	ТН10	Т2W	Т3W		Т4W		RD20	
				40К	70К	50К	70К	II	III
Глубина бурения, м	100	300	450	530	1000	700	1000	1400	1550
Начальный диаметр бурения, мм			610	305	508	508		762	
Конечный диаметр бурения, мм			152	190		190		190	
Длина/ диаметр бурильных труб, мм	3/ 76	3(6,1)/ 89; 102	6,1/ 89; 102; 114	6,1/ 89; 114		7,6/ 89; 114		9,1/ 89; 114; 140	
Частота вращения, об/мин	0-100	0-100		105-145		105-145		105-145	
Компрессор									
Подача м <sup>3</sup> /мин	*	до 35	до 20	25,4; 30,3		25,4; 30,3		35,4	
Давление, бар		до 25	до 21	8,3 – 24,1		8,3 – 24,1		24,13	
Буровой насос									
Подача, л/мин	757	1135/ 568	**	1135		1135		**	
Давление, бар	6	8/ 20		20		20			
Грузо-подъемность, кН		100	220	204	340	635		498	544

\* Внешний компрессор.

\*\* Буровой насос выбирается в зависимости от диаметра скважины и специфики бурения.

### Установка TH5 (Atlas Copco)

Буровой модуль TH5 с гидравлическим приводом представляет собой компактный, мобильный, сверхлёгкий бур для бурения скважин на воду, который идеально подходит для эксплуатации в условиях ограниченного пространства, при бурении скважин на воду в удаленных местах. TH5 устанавливается на лёгкие машины грузоподъёмностью от 3,5 до 3 тонн.



Рисунок 13. Буровая установка TH5

### Установка TH10 (Atlas Copco)

TH-10 компании Atlas Copco - многоцелевой агрегат с гидравлическим приводом, спроектированный для пневматического / гидравлического вращения и бурения с погружным ударником. Этот лёгкий буровой модуль предназначен для монтажа на грузовике с подходящей грузоподъёмностью и прекрасно подходит для мобильного бурения скважин на воду.

Так же существует модификация данной установки TH10LM (с длинной мачтой).

Буровая установка TH10LM компании Atlas Copco предоставляет удобства эксплуатации высокой буровой установки, с которой можно использовать бурильную трубу длиной 6 м. Установка идеально подходит для бурения скважин

большой глубины, при бурении которых применение более длинных бурильных труб позволяет повысить эффективность работы и сэкономить время.



Рисунок 14. Буровая установка TH10

#### Установка T2W (Atlas Copco)

T2W компании Atlas Copco - легковесный бур с приводом от двигателя грузовика, спроектированный для пневматических /гидравлических работ. При проектировании T2W компания Atlas Copco реализовала в конструкции больше функциональных возможностей, чем в любом другом агрегате этого класса, предоставив пользователю преимущества более дорогих и больших буровых установок. Установку отличает открытая рабочая область, превосходное управление скоростью подачи, а также исключительные ходовые качества независимо от типа дороги.

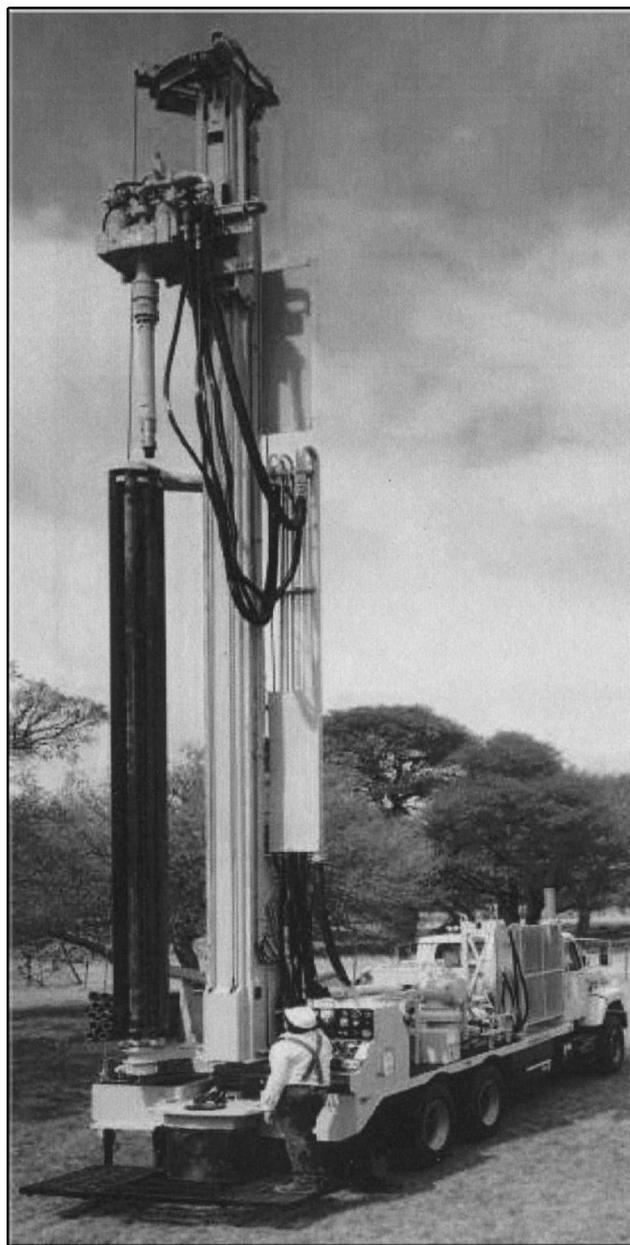


Рисунок 15. Буровая установка T2W

#### Установка T3W (Atlas Copco)

Установка T3W спроектирована высокопрофессиональными специалистами по бурению на воду и оснащена эксплуатационной системой Cyclone, укомплектованной исключительно надежными компонентами, которые совершенствовались в буровом деле в течение 10 лет. T3W является буровой установкой с гидравлическим верхним приводом и эксплуатируется при бурении скважин различного назначения с использованием пневмоударника, вращательным способом с промывкой (продувкой). Буровая установка TH60 аналогична по характеристикам с T3W, но имеет привод от двигателя грузовика. T3W может поставляться в модульном исполнении и устанавливаться на шасси Российского производства.

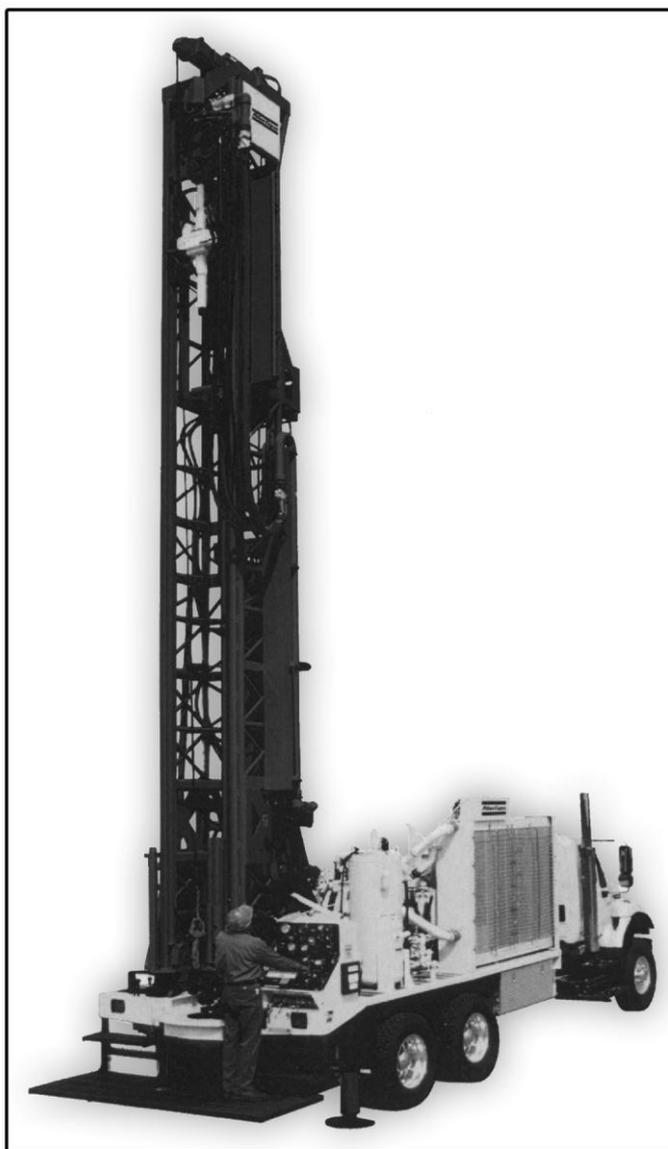


Рисунок 16. Буровая установка Т3W

#### Установка Т4W (Atlas Copco)

Т4W отличается традиционной конструкцией для монтажа на ходовую базу и улучшенные буровые характеристики, которые повышают стандарты бурения скважин на воду. Стандартные и дополнительные функциональные возможности обеспечивают для пользователей повышенную производительность и надежность. Буровая установка Т4W предназначена для бурения скважин в особо тяжелых условиях, изготовлена из очень прочных конструктивных элементов, что позволяет считать ее в отрасли буровой установкой № 1. Т4W смонтирована на самоходном грузовике с колесной формулой 6x4. Установку отличает мощная мачта, которая имеет возможность удлинения для использования соответствующих обсадных труб, и износостойкая цепная подача бурового става для использования в сложных условиях.

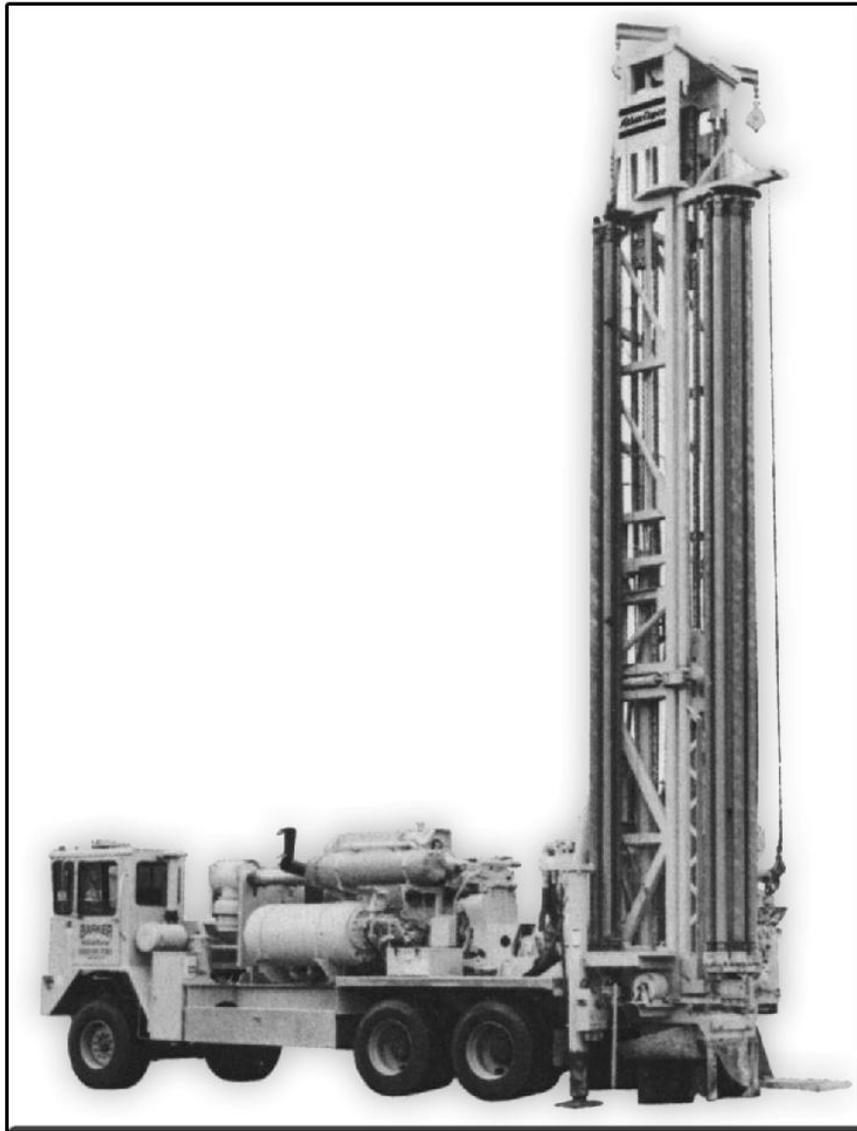


Рисунок 17. Буровая установка T4W

### Установка RD20 (Atlas Copco)

Буровая установка RD20 с приводом от палубного двигателя смонтирована на шасси и предназначена для бурения скважин на воду, нефть и газ. Эта мобильная буровая установка требует меньше времени подготовки на месте эксплуатации, меньший размер площадки, таким образом сокращаются затраты на перевозки. Установка не требует большого количества персонала. Основой RD20 является запатентованная система подачи вращателя.

Система подачи исключает необходимость в талевом блоке и роликах кронблока, которые можно найти на сопоставимом оборудовании, что значительно упрощает конструкцию мачты, так как нагрузку воспринимает только нижняя ее часть. Подающая каретка RD20 поднимается и опускается двумя расположенными в буровой мачте цилиндрами. Система подачи каретки RD20 обеспечивает общий КПД более 90%.

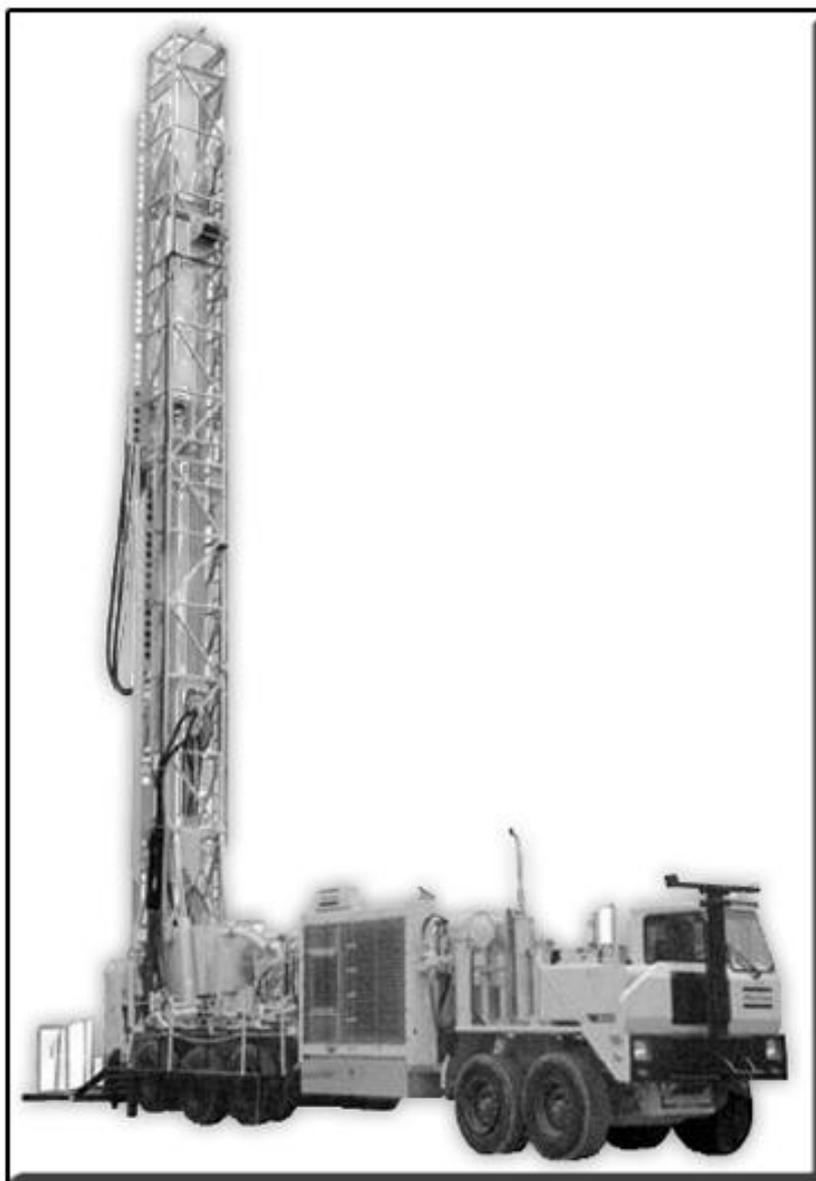


Рисунок 18. Установка RD20

## 15. Выбор типа промывочной жидкости

Выбор типа промывочной жидкости зависит от состава горной породы в разрезе скважины.

Техническая вода применяется при бурении в устойчивых породах

Глинистые растворы применяются в трещиноватых, рыхлых сыпучих, плавучих и других слабоустойчивых породах для предотвращения обвалов, затяжек инструмента.

Ингибированные буровые растворы представляют собой известковые и гипсовые водные растворы, применяемые в глинистых породах для предотвращения их размокания и набухания.

Аэрированные растворы, насыщенные воздухом или газом, применяют для борьбы с поглощением промывочной жидкости.

Утяжеленные глинистые растворы применяются при вскрытии пластов с большим пластовым давлением для предупреждения выбросов из устья скважины фонтанной воды, газа.

Водогипановые растворы применяются для вскрытия водоносных горизонтов взамен глинистого раствора, формируют на стенках эластичную корку, которая предотвращает фильтрацию раствора в водоносный пласт и его кольматацию. После спуска фильтровой колонны производится промывка и из скважины удаляются водогипановый раствор и корка, т.е. происходит полное восстановление естественных свойств водоносного горизонта. Водогипановые растворы наиболее экологичны по сравнению с другими типами растворов, имеют высокую несущую способность, что способствует хорошей очистке забоя, низкую стоимость.

## 16. Выбор бурового инструмента

При выборе бурильных труб для роторного способа бурения следует использовать соотношение

$$D_{б.т} \approx 0,6 D_d, \quad (14)$$

где:  $D_d$  - диаметр долота, мм.

При роторном бурении применяют бурильные трубы следующих размеров по наружному диаметру тела трубы: 60, 73, 89, 102, 114, 127, 140, 168мм, табл. 14

Таблица 14

Параметры бурильных труб

Наружный диаметр бурильной трубы, мм	Внутренний диаметр б.т., мм	Диаметр муфты, мм	Масса 1м б.т.
60,3	46,3	80	9,5
73	59	95	11,4
89	75	108	14,2
102	87,6	127	16,4
114	100,3	140	18,5
127	113	152	20,7
140	123,7	171	26
168	150,3	197	32,3

Для увеличения жесткости и веса низа бурильной колонны (для создания необходимой нагрузки на долото) применяют утяжеленные бурильные трубы (УБТ). Диаметр УБТ подбирается по табл.15 из соотношения:

$$D_{убт} \approx (0,7 \div 0,8) D_d.$$

Таблица 15

Параметры УБТ

Наружный диаметр УБТ, мм	Длина трубы, м	Масса 1 м трубы, кг
95	6; 8	47
108	6; 8	59
146	6; 8	98
178	8; 10	145
203	8; 12	192
219	8	220
245	7	258
254	6	336
273	6	398

Соотношения между диаметрами долота, УБТ и бурильных труб предлагается подбирать, пользуясь таблицей 16.

Таблица 16

Рекомендуемые соотношения между диаметрами долота, УБТ и бурильных труб.

Диаметр долота, мм	Наружный диаметр, мм	
	УБТ	Бурильных труб
98,4; 120,6	95	60,3; 73
132-161	95, 108	73, 89
190-215	108, 146	89, 114
215-245	146, 178	114, 140
245	203	141, 168

При выборе породоразрушающего инструмента в породах I-III категории по буримости применяют лопастные долота, а при бурении по более высоким категориям применяют трехшарошечные долота различных типов и размеров, [12, с.10-13]

Например: Выбираем по известнякам V категории по буримости трехшарошечное долото типа: 190,5 СЗ-ГВ, где 190,5 – наружный диаметр долота, мм; СЗ - средней твердости абразивные горные породы; Г – гидромониторная промывка; В – на подшипниках с телами качения.

При роторном бурении необходимо пользоваться [1] выбрать весь технологический инструмент, а также средства для механизации спускоподъемных операций. А именно, выбрать типоразмеры ведущей трубы, вертлюга-сальника, переходников для соединения ведущей трубы с бурильными трубами, бурильных труб с УБТ и выбранными долотами.

При бурении разведочных скважин диаметром до 151 мм необходимо пользоваться инструментом для колонкового бурения [19, с 103-135]

Необходимо заметить, что если для бурения гидрогеологической скважины применяется установка колонкового бурения или с подвижным вращателем, то УБТ применять не следует.

Для вращательного бурения с обратной промывкой применяют соответствующие буровые установки и инструмент, которые следует выбирать по [2, с. 76-86]

Пример:

Выбрать буровую установку, буровой и вспомогательный инструмент. Разрез скважины представлен:

0-10 м – суглинки, пески;

10-150 м – глины;

150-160 м – водоносный пласт – известняки.

Пласт напорный, динамический уровень – 48 м. проектный дебит 30 м<sup>3</sup>/час.

Определим диаметр эксплуатационной колонны с учетом диаметра погружного насоса с требуемой подачей, табл.4.

Из табл.6 выбираем GRUNDFOS SP 30-90, диаметром 142 мм. Принимаем с учетом диаметра насоса 142 мм по табл. 4 диаметр эксплуатационной колонны равным 194 мм (внутренний диаметр эксплуатационной колонны равен 179,7 мм)

Диаметры бурения, мм	Глубина, м
295	0-10
245	10-150
190	150-160

Выбираем буровую установку роторного типа УРБ-3А3

Выбор бурового инструмента

1. В установке УРБ-3А3 допускается бурение с применением бурильных труб диаметром 73 мм с муфтово-замковыми соединениями диаметром 95 мм, табл. 12

2. УБТ при бурении долотом 245 мм.

$$D_{УБТ} = 0,8 \cdot 245 = 194,4 \text{ мм}.$$

До глубины 150 м применяем УБТ-203 с массой 1 м 192 кг (табл. 15). При бурении долотом диаметром 190 мм.

$$D_{УБТ} = 190 \cdot 0,8 = 152 \text{ мм}.$$

Выбираем по табл.15 УБТ-146 с массой 1-го метра 98 кг.

3. Для забуривания скважины под направляющую трубу выбираем трехлопастное долото ЗЛ-295. На интервале 10-159 м бурение под эксплуатационную колонну диаметром 194 мм будем вести трехлопастным долотом ЗЛ-244,5, на интервале 150-160 м по известнякам выбираем трехшарошечное долото 190,5 С-ЦВ. Фильтр в известняках не устанавливаем.

4. Для сборки технологического инструмента в процессе бурения потребуются переходники:

- с ведущей трубы на долото ЗЛ-295;

- с ведущей трубы на УБТ-203;

- с ведущей трубы на бурильные трубы диаметром 73 мм;
- с бурильных труб 73 на УБТ-203;
- с бурильных труб 73 на УБТ-146;
- с УБТ-203 на долото диаметром 245 мм;
- с УБТ-146 на долото диаметром 190 мм.

Вспомогательный инструмент:

1. Элеваторы для бурильных труб ЭБ-73 – 2 шт.
2. Элеваторы для обсадных труб ЭО-194 – 2 шт.
3. Элеваторы для обсадных труб ЭО-273 – 2 шт.
4. Переходники на УБТ-203 для постановки элеватора ЭБ-73.
5. Роторные клинья для захвата УБТ-203 и УБТ-146.
6. Преходник на УБТ-146 для постановки элеватора ЭБ-73.
7. Стропы для элеватора ШЭ-25.
8. Шарнирные ключи РИК для бурильных труб 73 мм.
9. Цепные ключи для свинчивания обсадных труб.

Для механизации спускоподъемных операций целесообразно оснастить буровую установку комплектом технических средств, позволяющих осуществлять развинчивание колонны с помощью ротора. Также для создания необходимой осевой нагрузки на долото с нуля до 30÷50м целесообразно укомплектовать буровую установку гидравлическим механизмом подачи.

## **17. Расчет режимов роторного бурения**

### **1. Частота вращения**

При выборе частоты вращения для различных пород разреза учитываем следующее:

- в мягких породах, особенно если они залегают в верхних слоях разреза, после посадки направляющей целесообразно использовать повышенные скорости вращения. В этом случае обеспечивается высокая производительность и при правильно выбранном инструменте исключается возможность поломки труб;
- в породах средней твердости с малыми абразивными свойствами (мергели, аргиллиты, известняки, доломиты) скорость вращения долота также выдерживается на высоких пределах;
- в твердых абразивных породах бурение следует вести при минимальном числе оборотов с тем, чтобы избежать преждевременного износа долот;
- при бурении трещиноватых пород скорость вращения следует снижать;
- при бурении алмазными коронками во всех случаях следует бурить на повышенных оборотах, за исключением трещиноватых пород;
- при глубине бурения близкой к номинальной для данного типа буровой установки, скорость вращения должна быть уменьшена, так как мощность буровой установки не позволяет вести процесс бурения при высоких скоростях вращения на таких глубинах;
- при забурировании скважины во избежание искривления ствола число оборотов снижают до минимального;

- при определении рациональной скорости вращения долот следует исходить из следующих значений окружной скорости вращения, табл. 17.

Таблица 17

Для мягких, рыхлых пород	1,5÷2,5
Для пород средней твердости	1,3÷2,0
Для крепких и твердых пород	1,2÷1,8
Для абразивных пород	0,5÷0,7

Частота вращения (об/мин) рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{60 \cdot V_{\text{окр}}}{\pi D_d}, \quad (15)$$

где  $D_d$  - диаметр долота, м.

## 2. Осевая нагрузка

Осевая нагрузка на долото рассчитывается исходя из  $C_{\text{уд}}$  - удельной нагрузки на 1 см диаметра долота (Н/см), табл. 18.

Удельная нагрузка на долото, как видно из табл. 18 зависит от категории по буримости.

Таблица 18

Тип породоразрушающего инструмента	Категория пород по буримости				
	I-III	III-IV	V-VI	VII-VIII	IX-XII
Лопастные долота	500-600	600-1000			
Пикобуры	400-500	500-800	800-1000		
Режуще-истирающие долота			1000-1500		
Шарошечные М		1000-2000			
С			2000-3000		
Т				3000-6000	
К					6000-7000
Алмазные долота				600-700*	700-900*

\* в Н на 1 см<sup>2</sup> торца долота

Осевая нагрузка (Н) на долото определяется по формуле:

$$C_{ос} = C_{уд} \cdot D_d, \quad (16)$$

где  $D_d$  - диаметр долота, см.

Осевая нагрузка при бурении алмазными долотами определяется по формуле

$$C_{ос} = q_{уд} \cdot S, \quad (17)$$

где  $q_{уд}$  - осевая нагрузка на 1 см<sup>2</sup> алмазосодержащей площади алмазного долота, Н/см<sup>2</sup>

$S$  – площадь торца долота, за вычетом площади промывочных окон, см<sup>2</sup>

Длина УБТ(м) определяется по:

$$L_{убт} = \frac{C_{ос} \cdot k}{q_{убт} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_{м}}\right)}, \quad (18)$$

где:  $k$  – коэффициент, учитывающий превышение веса УБТ над нагрузкой на долото ( $k=1,25$ );

$q_{убт}$  - вес 1м труб УБТ, Н/м;

$\rho_{ж}$  – плотность промывочной жидкости, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{м}$  - плотность материала труб, г/см<sup>3</sup>;

Общий вес бурового снаряда (нагрузка на крюк) с учетом коэффициента прихвата  $k_{п} = 1,3$ .

$$G_{кр} = k_{п} \cdot \left[ (L_{убт} \cdot q_{убт} + L_{бт} \cdot q_{бт}) \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_{м}}\right) \right], \quad (19)$$

где  $G_{кр}$  - нагрузка на крюк, Н;

$L_{бт}$  – длина бурильных труб, м;

$q_{бт}$  – вес 1м бурильных труб, Н/м;

Грузоподъемность буровой установки должна быть больше нагрузки на крюк, создаваемой весом самой тяжелой колонны.

### Пример.

Для бурения по доломитам V категории по буримости используется трехшарошечное долото 190,5 С-ГВ.

Определить осевую нагрузку на долото, учитывая, что  $C_{уд}=2500$  Н/см, по табл.18.

$$C_{ос} = C_{уд} \cdot D_d = 2500 \cdot 19 = 47,5 \text{ кН.}$$

Диаметр УБТ равен:

$$D_{убт} = D \cdot 0,8 = 0,8 \cdot 190 = 152 \text{ мм.}$$

Принимаем УБТ диаметром 146 мм с массой 1 м равной 98 кг по табл.15

При применении промывочного раствора плотностью 1,1 г/см<sup>3</sup> получаем длину УБТ

$$L_{убт} = \frac{C_{ос} \cdot k}{q_{убт} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_{м}}\right)} = \frac{47500 \cdot 1,25}{980 \left(1 - \frac{1,1}{7,85}\right)} = 70 \text{ м.}$$

Принимая по табл.15 длину 1-ой трубы 6 м, получим, что для бурения по доломитам V категории долотом 190,5С-ГВ необходимо иметь 12 утяжеленных бурильных труб.

### 3. Расход промывочной жидкости.

Расход промывочной жидкости определяется по формуле

$$Q = \eta \frac{\pi}{4} \cdot (D_d^2 - D_{бт}^2) \cdot V_b, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (20)$$

где:  $D_d$  - диаметр долота, м;

$D_{бт}$  - диаметр бурильных труб, м;

$V_b$  - скорость восходящего потока промывочной жидкости, м/с;

$\eta$  - коэффициент, учитывающий неравномерность скорости потока по стволу скважины из-за наличия каверн и других расширений,  $\eta = 1,1 - 1,3$ .

Расход промывочной жидкости зависит от скорости восходящего потока  $V_b$ . В соответствии с рекомендациями, представленными в работе [25, с. 30; 237], в большинстве случаев можно принять  $V_b = 0,4 - 0,6$  м/с (чем выше вязкость и структурные свойства, тем выше транспортирующая способность жидкости и меньше её допустимая скорость). При промывке скважины высоковязкими растворами (например, при разбурировании неустойчивых пород для установки направления и кондуктора) допускается уменьшение  $V_b$  до  $0,2 - 0,3$  м/с (табл. 19) и менее. Для повышения вязкости могут использоваться глины или полимерные добавки (гипан, гидролизированный полиакриламид и их аналоги).

Таблица 19

Скорость восходящего потока промывочной жидкости в зависимости от степени ее вязкости

Промывочная жидкость	Скорость восходящего потока, м/с
Вязкая	0,4 – 0,6
Высоковязкая	0,2 – 0,3 и менее

Для удобства выбора насоса расход  $Q$  следует перевести в л/с или л/мин ( $1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ л}$ ,  $1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$ )

В том случае, если производительность насоса буровой установки окажется меньше расчетной, то применяют более мощный насос или включают параллельно два насоса.

Выбор параметров режимов бурения и породоразрушающего инструмента при колонковом бурении рекомендуем производить по работе [19, глава 3].

Выбор параметров режимов бурения и породоразрушающего инструмента вращательным способом с обратной промывкой следует выполнять, руководствуясь справочником Д.Н.Башкатова [2, с.76-98].

## 18. Вскрытие водоносного пласта

Под вскрытием водоносных пластов следует понимать технологический процесс, при котором в продуктивном водоносном пласте образуется выработка для оборудования водоприемной части скважины.

При вращательном бурении с прямой промывкой даже в рыхлых породах стенки скважины поддерживаются в устойчивом состоянии за счет давления столба промывочной жидкости. Поэтому, обычно, после установки направляющей на глубину 2-10 метров, до кровли водоносного пласта в процессе бурения скважина может иметь открытый ствол, незакрепленный обсадными трубами.

Перед вскрытием водоносного горизонта стенки скважины закрепляют колонной обсадных труб, а затрубное пространство цементируют.

Главным фактором, определяющим качество вскрытия водоносного пласта, является вид промывочного раствора, который зависит от пород водоносного пласта.

Использование глинистого раствора приводит к интенсивной коагуляции пор и коллекторов водоносного пласта, что требует при освоении пласта проведения дорогостоящих работ по восстановлению естественных параметров водоносного горизонта.

При вскрытии водоносного горизонта, представленного мелко- и среднезернистыми песками с коэффициентом фильтрации на более 20 м/сут. и при глубине уровня воды от устья до 3 м применяют техническую воду.

Крупнозернистые и гравелистые горные породы целесообразно вскрывать водогипановым раствором с концентрацией 3-5%, плотностью 1,02-1,06 г/см<sup>3</sup>.

Разнозернистые пески вскрываются с промывкой стабильным глинистым раствором, получаемым из высококачественных бентонитовых глин (4-6%), с добавкой реагента-стабилизатора, например КМЦ (1-2%).

Параметры таких растворов: плотность – 1,15 г/см<sup>3</sup>, условная вязкость – 35-50с, водоотдача – 6-7 см<sup>3</sup>. ([9], с.44; [20]с.112)

При вскрытии мелких и разнозернистых песков с включением гравия рекомендуются меловые растворы, состоящие из: 30% мела, 10% - УЦР, 0,8% - КМЦ, имеющие плотность от 1,06 до 1,2 г/см<sup>3</sup>. Достоинством этого состава является простота удаления коагулянта при соляно-кислотной обработке.

Для вскрытия слабонапорных среднезернистых песков применяют самораспадающиеся растворы, например, крахмальные, содержащие, модифицированный крахмал в количестве 4-5%,  $\rho = 1,01-1,02$  г/см<sup>3</sup>.

При бурении в поглощающих разрезах эффективно применение аэрированных растворов,  $\rho = 0,7$  г/см<sup>3</sup>.

Применение аэрированных растворов показало их высокую эффективность, облегчает процесс освоения.

Дебиты скважины, которые сооружены при промывке аэрированными растворами, существенно выше, чем при использовании иных растворов. [1], с. 317.

## 19. Освоение пласта

Под освоением водоносного пласта следует понимать технологические операции, обеспечивающие оборудование водоприемной части скважины и

восстановление естественной водоотдачи пласта или искусственное увеличение ее объема для достижения максимального дебита скважины. [1], с.478.

После оборудования приемной части скважины фильтровой колонной (а в некоторых случаях водоносный пласт оставляют, в скальных породах, без фильтра) приступают к освоению скважины. Операции освоения скважины сводятся к восстановлению естественных свойств пласта, то есть к различным способам и приемам очистки коллекторов водоносных пластов от твердых частиц, связанных с процессом бурения.

Очистка коллекторов, пор пласта должна начинаться немедленно после установки фильтра.

Обязательная промывка скважины осуществляется через фильтр водой. Продолжительность промывки зависит от глубины и диаметра скважины и составляет от 2 до 24 часов. Затем необходимо обязательное откачивание при помощи эрлифта или погружного центробежного насоса. Продолжительность и тип откачки зависит от состава водоносного пласта, динамического уровня. Возможно также чередование циклов откачки и промывки.

При освоении пласта, в случае вскрытия на меловых растворах, после промывки и откачки может быть применена кислотная обработка пласта.

Чаще всего, при освоении скважины основной операцией является откачка из скважины, для проведения которой применяются эрлифты или струйные насосы, позволяющие перекачивать воду с большим содержанием твердой фазы. В последнее время, на практике, чаще всего используют центробежные погружные насосы, которые имеют два преимущества – автономность, высокие показатели, надежность. Особенно, следует выделить по вышеперечисленным показателям насосы марки GRUNDFOS. При освоении скважины погружным центробежным насосом рабочие колеса подвергаются интенсивному износу и требует частой замены. Поэтому погружной насос, применяемый для освоения, при эксплуатации не применяется.

### Расчет эрлифта

После сооружения скважины обычно производится строительная откачка воздушным водоподъемником (эрлифтом) для удаления бурового шлама, глины, мелких фракций песка из прифильтровой зоны. Работа эрлифта основана на использовании сжатого воздуха, вырабатываемого компрессором. В скважину помещается водоподъемная труба, на нижнем конце которой устанавливается смеситель - перфорированная труба, плотно опоясанная кожухом. К смесителю присоединяется воздухопровод от компрессора. Сжатый воздух по воздухопроводу подводится к смесителю, помещенному под динамический уровень на глубину, и, проходя через отверстия в нижнюю часть водоподъемной трубы, перемешивается с водой, образуя водоподъемную смесь. Плотность смеси меньше плотности воды, поэтому столб воды высотой вне водоподъемной трубы уравнивается столбом воздушно-водяной смеси, имеющим большую высоту.

При непрерывной подаче воздуха воздушно-водяная смесь выходит на поверхность земли.

Расчет эрлифта [8, 21] заключается в определении глубины погружения смесителя, расхода и давления воздуха, а также размеров воздухопроводящих и водоподъемных труб. Исходные данные для расчета (рис.19): глубина скважины  $z$  в м; высота уровня излива воды над поверхностью земли  $a$  в м; глубина статического уровня от уровня излива  $h_{ст}$  м; глубина динамического уровня воды от уровня излива  $h$  в м; расчетный дебит скважины  $Q$  в м<sup>3</sup>/ч.

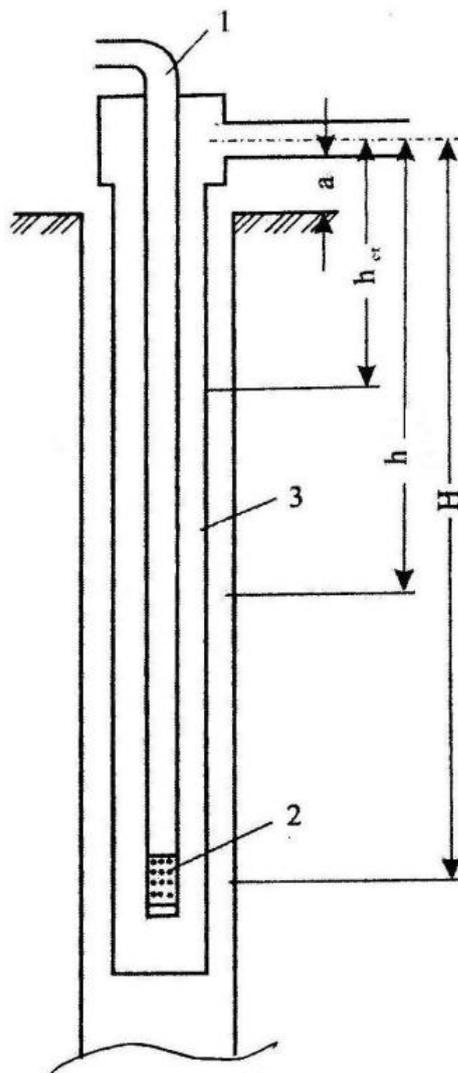


Рисунок 19. Схема оборудования скважин эрлифтом

1 – воздухопроводные трубы; 2 – смеситель; 3 – водоподъемные трубы.

Глубина погружения смесителя  $H$  (расстояние от центра смесителя до уровня излива смеси на поверхности) зависит от положения динамического уровня:

$$H = k \cdot h, \quad (21)$$

где  $k$  – коэффициент погружения смесителя эрлифта под динамический уровень, ориентировочно принимается по данным, приведенным ниже:

$h, м$	15	15-30	30-60	60-90	90-120
$k$	3-2,5	2,5-2,2	2,2-2	2-1,8	1,8-1,6

Следует учитывать, что при  $k < 1,6$  гидравлический КПД эрлифта очень низок, а при  $k > 3$  работа эрлифтовой установки (эрлифт + компрессор) требует очень значительных затрат энергии приводящего двигателя.

Гидравлический КПД эрлифта:

$$\eta = (k - 1)^{0,85} / (1,05 \cdot k). \quad (22)$$

Удельный расход воздуха  $V_0$ , необходимый для подъема из скважины 1 м<sup>3</sup> воды (в м<sup>3</sup> воздуха на 1 м<sup>3</sup> воды):

$$V_0 = (10 \cdot \eta \cdot \ln((H - h + 10) / 10) / h)^{-1}. \quad (23)$$

Полный расход воздуха (м<sup>3</sup>/мин):

$$W = Q \cdot V_0 / 60, \quad (24)$$

где  $Q$  – проектный дебит скважины, м<sup>3</sup>/ч

Давление воздуха при пуске компрессора (МПа):

$$P_{\Pi} = 10^{-6} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot (H - h_{\text{ст}} + 2), \quad (25)$$

где  $\rho_{\text{в}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup> – плотность воды.

Расход воздушно-водяной эмульсии при изливе (м<sup>3</sup>/с):

$$q = \frac{Q}{3600} + \frac{W}{60}, \quad (26)$$

Площадь внутреннего сечения водоподъемной трубы (в м<sup>2</sup>) при изливе:

$$F = q / v_2, \quad (27)$$

где  $v_2$  – скорость движения эмульсии при изливе (м/с):

$h$ , м	20	40	60
$v_2$ , м/с	6	7-8	9-10

Внутренний диаметр водоподъемной трубы (м):

$$d = (4 \cdot F / \pi + D_1^2)^{0,5}, \quad (28)$$

где  $D_1$  – наружный диаметр воздухопроводных труб в скважине, м (33; 42; 63,5; мм).

Рекомендуемые наружные диаметры воздухопроводных труб  $D_1$  в зависимости от полного расхода воздуха  $W$

$W$ , м <sup>3</sup> /мин	0,16-0,5	0,5-1,0	1,0-1,7	1,7-3,3
$D_1$ , мм	15-20	20-25	25-32	32-40
$W$ , м <sup>3</sup> /мин	3,3-6,7	6,7-11,7	11,7-16,7	16,7-26,7
$D_1$ , мм	40-50	50-70	70-80	80-100

Компрессор выбирается по значению подачи  $W_{\text{к}}$  и давлению  $P_{\text{к}}$ .

Подача компрессора (м<sup>3</sup>/мин):

$$W_{\text{к}} = 1,2W, \quad (29)$$

где 1,2 – коэффициент запаса подачи.

Давление, развиваемое компрессором (МПа):

$$P_{\text{к}} = 1,2 \cdot P_{\Pi}, \quad (30)$$

где (1,1-1,3) – коэффициент запаса давления.

Пример.

Из скважины глубиной 50 м должна быть проведена откачка эрлифтом при следующих условиях:

$$h = 15 \text{ м};$$

$$k = 2,5;$$

$$Q = 25 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3;$$

$$h_{\text{ст}} = 3 \text{ м};$$

$$v_2 = 6 \text{ м/с}.$$

1. Глубина погружения смесителя.

$$H = k \cdot h,$$

$$H = 2,5 \cdot 15 = 37,5 \text{ м}.$$

2. Гидравлический КПД эрлифта.

$$\eta = (k - 1)^{0,85} / (1,05 \cdot k),$$

$$\eta = (2,5 - 1)^{0,85} / (1,05 \cdot 2,5) = 0,54.$$

3. Удельный расход воздуха.

$$V_0 = (10 \cdot \eta \cdot \ln((H - h + 10) / 10) / h)^{-1}.$$

$$V_0 = (10 \cdot 0,54 \cdot \ln((37,5 - 15 + 10) / 10) / 15)^{-1} = 2,36.$$

4. Полный расход воздуха.

$$W = QV_0/60,$$

$$W = 25 \cdot 2,36 / 60 = 0,98 \text{ м}^3 / \text{мин}.$$

5. Наружный диаметр воздухопроводных труб.

В соответствии с  $W = 0,98 \text{ м}^3 / \text{мин}$ , принимаем  $D_1 = 25 \text{ мм}$ .

6. Давление воздуха при пуске компрессора.

$$P_{\text{п}} = 10^{-6} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot (H - h_{\text{ст}} + 2),$$

$$P_{\text{п}} = 10^{-6} \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot (37,5 - 3 + 2) = 0,35 \text{ МПа}.$$

7. Расход эмульсии

$$q = \frac{Q}{3600} + \frac{W}{60},$$

$$q = 25 / 3600 + 0,98 / 60 = 0,023 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

8. Площадь внутреннего сечения водоподъемной трубы.

$$F = q/v_2,$$

$$F = 0,023 / 6 = 3,83 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

9. Внутренний диаметр водоподъемной трубы при изливе.

$$d = (4 \cdot F / \pi + D_1^2)^{0,5},$$

$$d = (4 \cdot 3,83 \cdot 10^{-3} / \pi + (25 \cdot 10^{-3})^2)^{0,5} = 0,074 \text{ м}.$$

10. Подача компрессора.

$$W_{\text{к}} = 1,2W,$$

$$W_{\text{к}} = 1,2 \cdot 0,98 = 1,18 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

11. Давление, развиваемое компрессором.

$$P_{\text{к}} = 1,2 \cdot P_{\text{п}},$$

$$P_{\text{к}} = 1,2 \cdot 0,35 = 0,42 \text{ МПа}.$$

### Промывка по зафильтровому пространству

Одним из основных методов освоения водоносных пластов является их промывка, которая обеспечивает наружную разглинизацию скважин.

Наиболее эффективной является промывка чистой водой по зафильтровому пространству. Для этой цели в боковой поверхности фильтровой трубы на расстоянии 1—2 м от башмака просверливают промывочные отверстия, над которыми устанавливают стопорное кольцо с конической проточкой под конусную резьбу ниппеля бурильных труб или переводник с обратным клапаном и левой резьбой под ниппель бурильной трубы (рис. 20, а), что позволяет опускать фильтровую колонну с одновременной промывкой по зафильтровому пространству. Промывочная жидкость (вода) подается через бурильные трубы, стоп-кольцо или левый переводник и промывочные отверстия, которые могут быть также и в башмаке фильтра, омывает рабочую часть фильтра, заглинизированные стенки пласта и выходит через оголовок. Промывка проводится до осветления воды. Признаком «оживления» водоносного пласта является вынос песка и поглощение воды. Этот способ позволяет производить многократную промывку скважины для удаления глинистого раствора, находящегося между водоносным пластом и рабочей частью фильтра.

Если фильтр устанавливают на водоподъемной колонне (рис. 20, б), бурильные трубы в оголовке скважины закрепляют сальником. В этом случае скважину оборудуют кондуктором, который цементируется до устья. После окончания промывки бурильные трубы правым вращением вывинчивают из башмака и извлекают из скважины, а отстойник фильтра во избежание пескования частично засыпают гравием. Иногда с этой целью в башмаке устанавливают обратный клапан. Затем производят дополнительную разглинизацию скважины свабированием и откачку с расходом, превышающим расход при промывке. При этом происходит дальнейшая разглинизация скважины, о чем свидетельствует увеличение дебита скважины, понижение динамического уровня и полное осветление воды. Продолжительность откачки, при которой завершается разглинизация скважины и стабилизируется удельный дебит, зависит от степени глинизации стенок скважины при бурении, свойств водоносных пород и интенсивности промывки. В крупнозернистых песках разглинизация заканчивается за несколько часов, в мелко- и среднезернистых — за 6 — 8 сут, а иногда и более.

Недостатком способа разглинизации затрубной промывкой является неполное удаление глинистой корки, так как вода поднимается по зафильтровому пространству не сплошным потоком, а движется по изолированным каналам, промытым в глинистой корке. Давление, создаваемое насосом, и скорость восходящего потока, как правило, недостаточны для полного размыва глинистой корки.

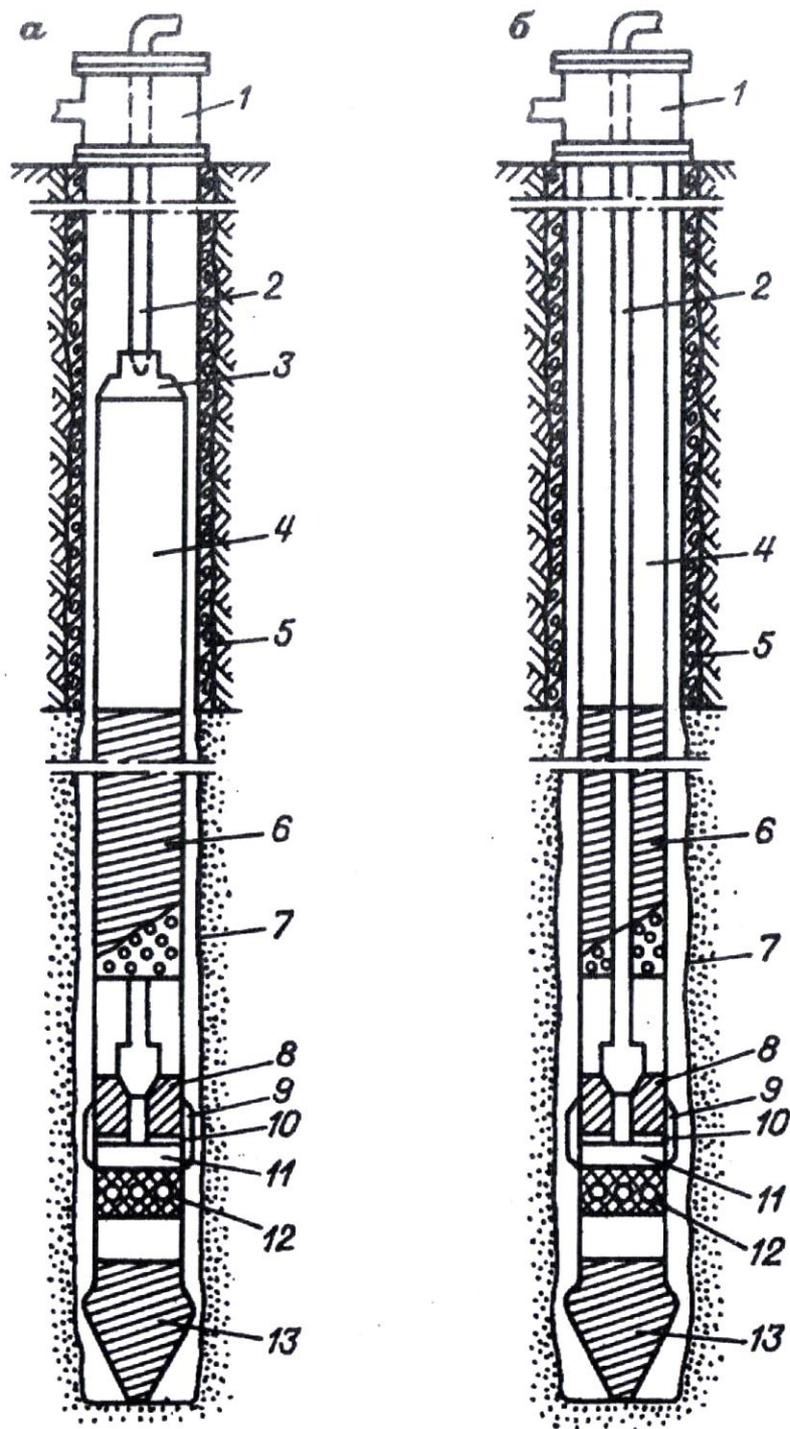


Рисунок 20. Схема промывки скважины через отстойник фильтра

- а — установка фильтра впотай; б — установка фильтра на водоподъемной колонне. 1 — оголовок для отвода промывной воды; 2 — бурильные трубы; 3 — переводник; 4 — надфильтровые трубы; 5 — затрубная цементация; 6 — фильтр; 7 — глинистая корка; 8 — деревянная пробка; 9 — муфта; 10 — диафрагма; 11 — отстойник; 12 — отверстия для подачи промывной воды; 13 — направляющая деревянная пробка

## Способ разглинизации водоносных пластов через промывочное окно (РПО)

Из существующих способов разглинизации водоносных горизонтов в неустойчивых породах особого внимания заслуживает так называемый способ обратновсасывающей промывки через промывочные окна.

Преимуществами этого способа являются: простота исполнения; высокая эффективность и совмещение разглинизации непосредственно с откачкой скважины.

Сущность способа заключается в удалении породы, обрушенной в зафильтровом кольцевом пространстве, через специальные окна в период откачки. Конструкция скважины и расположение отдельных деталей устройства в момент проведения разглинизации показаны на рис. 21.

Указанное устройство устанавливается между фильтром и его отстойником. Оно состоит из специального ниппеля 9 с упорным кольцом 8, промывочных окон 7, скользящей втулки 5, которая фиксируется срезными штифтами 6 в верхнем положении на весь период разглинизации.

Разглинизация ведется как обычный процесс откачки эрлифтом. При этом в результате понижения уровня воды в скважине стенки обрушаются вместе с глинистой коркой. Обрушенная порода падает в кольцевое пространство и заполняет его. Поскольку из скважины идет постоянный отбор воды, то обрушенная порода через промывочные окна и водоподъемную колонну выносится на поверхность. Вследствие постоянного удаления породы процесс разглинизации стенок скважины будет в основном происходить в свободной части кольца и зависеть от того, какая часть кольцевого пространства заполнена песком. Идеальным является случай, когда объем обрушаемой породы равен объему породы, выносимой через промывочные окна, т.е. при полностью свободном кольцевом пространстве.

Поэтому при определении требуемого понижения в скважине необходимо учитывать устойчивость стенок скважины и возникающие при этом скорости восходящего потока. Содержание песка в откачиваемой жидкости не должно превышать 10—15%. Поскольку учитывать интенсивность самого обрушения за фильтром практически невозможно, то этот фактор можно регулировать только интенсивностью откачки.

Продолжительность прокачки скважины определяется временем очистки воды и количеством вынесенного песка. В зависимости от конструкции фильтра и района работ количество вынесенного песка предварительно может быть принято в пределах 0,3—0,5 м<sup>3</sup> на 1 м длины фильтра. Время, требуемое для прокачки скважины этим способом, составляет одну бригадо-смену.

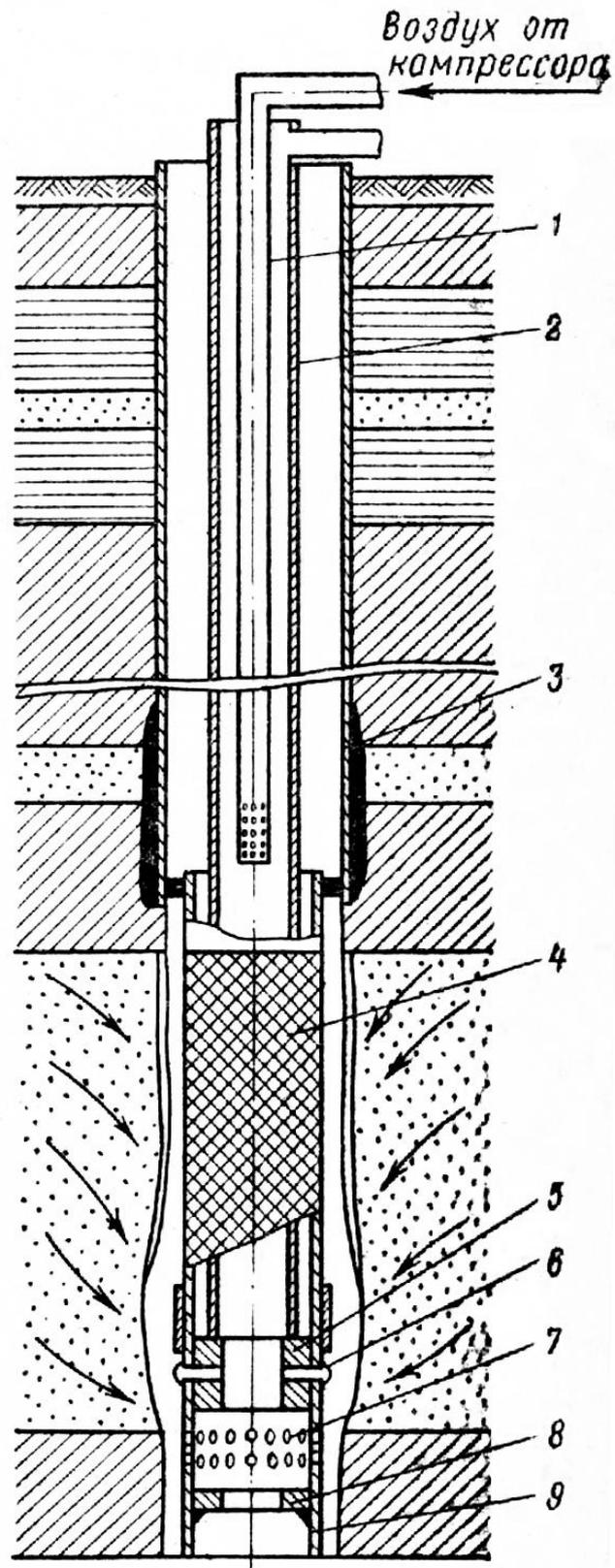


Рисунок 21. Схема разглинизации методом обратновсасываемой промывки через промывочные окна

- 1 — воздушные трубы эрлифта; 2 — водоподъемные трубы;  
 3 — кондуктор; 4 — рабочая часть фильтра; 5 — втулка; 6 — срезной штифт; 7 — промывочные окна; 8 — упорное кольцо; 9 — ниппель

По окончании разглинизации перекрывают промывочные окна. Для этого водоподъемной колонной (или другим инструментом) слегка ударяют по скользящей втулке 5 до среза штифтов 6; скользящая втулка перемещается до упорного кольцами 8 и перекрывает промывочные окна. После перекрытия промывочных окон водоподъемную колонну приподнимают на длину фильтра и продолжают откачку до полного осветления воды.

При выборе длины фильтра и места его установки необходимо помнить, что верх фильтрующей части должен отстоять от кровли водоносного пласта на высоту конечного конуса обрушения.

После разглинизации этим способом может предусматриваться заполнение конуса обрушения гравием; величина удаления фильтра от кровли будет определяться в зависимости от высоты гравийной обсыпки, так как при наличии гравийной обсыпки конус обрушения в последующем не оказывает отрицательного влияния на дебит скважины.

### Кислотная обработка

В специальном меловом промывочном растворе или при обогащении раствора частицами мела при бурении пород происходит образование кольянта, содержащего частицы карбонатов. В этом случае в процессе освоения водоносного горизонта целесообразно применять кислотную обработку. Кислотную обработку применяют также при заборе воды из известняков, мелов, доломитов, когда они имеют недостаточную проницаемость.

Для растворения карбонатных пород рекомендуется 15% раствор соляной кислоты.

Для уменьшения коррозирующего действия соляная кислота подвергается ингибированию, например, добавляют катапин 0,05-0,1% от веса соляной кислоты.

После подачи необходимого количества кислоты в прифилтровой зоне создают возвратно-поступальное движение раствора посредством периодического нагнетания воздуха под герметичный оголовок скважины.

Цикл обработки сжатым воздухом состоит из выдавливания кислотного раствора в пласт (3-5 мин) и затем выдержки при восстановлении уровня в течение 5-10 мин. Бывает достаточно 8-10 циклов, а вся продолжительность обработки занимает не более 2 ч, после чего производится откачка из скважины.

Заливочные трубы используются как водоподъемные при откачке эрлифтом.

Эффективность обработки скважин соляной кислотой оценивается путем сопоставления основных параметров (удельного дебита, коэффициента фильтрации), полученных в ходе откачки до и после обработки.

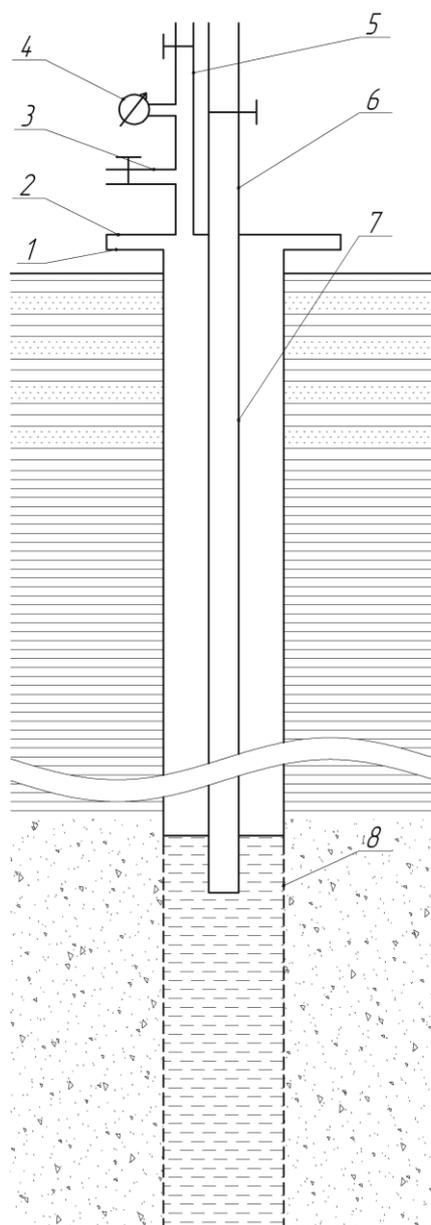


Рисунок 22. Принципиальная схема оборудования при солянокислотной обработке

1 – фланец устья скважины; 2 – оголовок; 3 – патрубок для присоединения к компрессору; 4 – манометр; 5 – патрубок для выпуска газов и воздуха; 6,7 – заливочные трубы (не менее 100 мм); 8 – верхняя часть фильтра

### Освоение скважин при помощи струйных насосов

В последние годы разработаны и стали широко применяться в производстве водоструйные насосы, позволяющие силами буровой бригады производить откачки из скважин сразу после установки фильтра с использованием бурового станка и насоса без дополнительного оборудования. Водоструйные насосы просты, надежны в эксплуатации и имеют небольшую массу.

Таким образом, при использовании водоструйных насосов весь цикл по сооружению и освоению скважины проводится непрерывно.

Водоструйный насос обеспечивает производство откачки при содержании твердых частиц в воде до 25-30%, что позволяет использовать его в «пескующих» скважинах. Насосы предназначены для откачек из скважин, имеющих дебит до 36 м<sup>3</sup>/ч и динамический уровень от самоизлива до 70÷90м, а также из скважин, имеющих низкий коэффициент загрузки эрлифта.

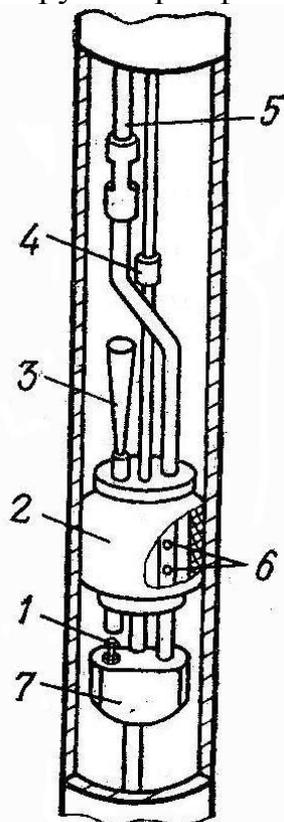


Рисунок 23. Насосы водоструйные

1 – насадка; 2 – гидравлический пакер; 3 – диффузор; 4 – пьезометрическая трубка; 5 – нагнетательная труба; 6 – отверстия; 7 – колено

Водоструйный насос, приведенный на рис.23 состоит из эжекторного насоса с насадкой, гидравлического пакера и пьезометрической трубки.

Эжекторный насос служит для подъема воды из скважины, за счет разрежения в зоне между насадкой и камерой смешения, создаваемого высоконапорной струей воды, истекающей из насадки, а также за счет трения между истекающей струей и жидкостью в скважине.

Диффузор служит для гашения скорости смешенного потока.

Гидравлический пакер служит для изоляции ствола фильтровой колонны и удерживает столб воды, расположенный выше пакера, от проникновения в водоносный горизонт. Для этого в нагнетательной трубе, находящейся внутри пакера, имеются два отверстия, благодаря которым при работе водоструйного насоса внутри пакера создается давления (2÷3 МПа), что позволяет ему удерживать столб воды не менее 150 м.

Пьезометрическая трубка, рис. 23, диаметром 20-30 мм необходима для измерения уровня воды в скважине при помощи датчика электроуровнемера.

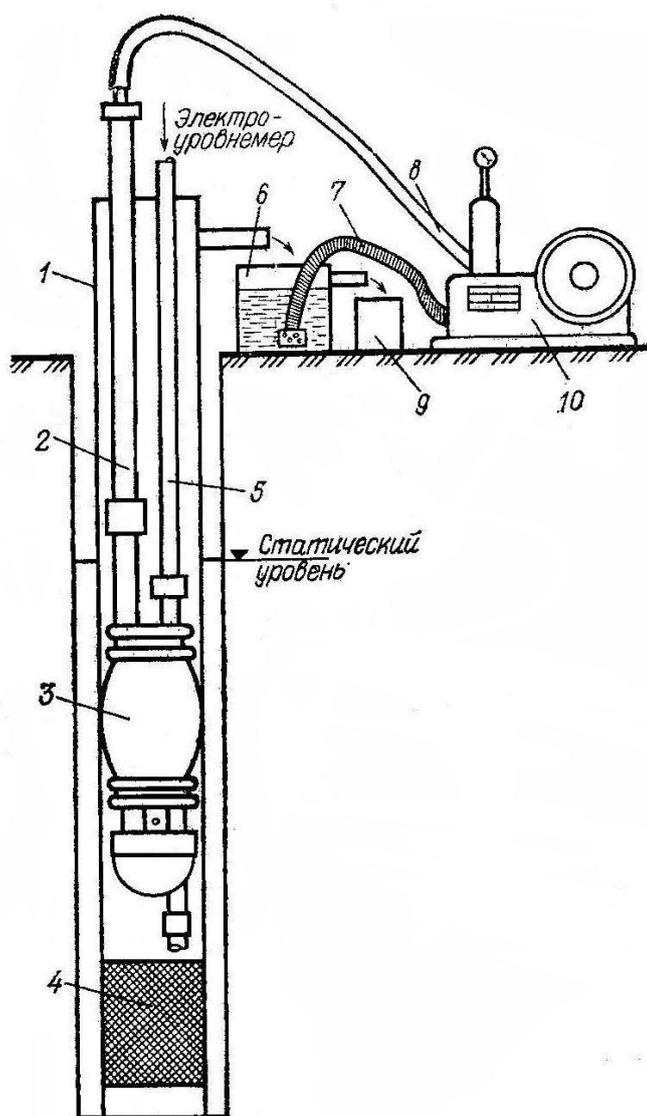


Рисунок 24. Схема водоструйного насоса, используемого при гидравлических исследованиях

1 – водоподъемная колонна; 2 – нагнетательная труба; 3 – насос водоструйный; 4 – фильтр; 5 – пьезометрическая трубка; 6 – промежуточная емкость; 7 – всасывающий шланг; 8 – нагнетательный шланг; 9 – мерная емкость; 10 – буровой насос

На рис.24 показана схема работы водоструйного насоса в скважине. Подача водоструйных насосов определяется с помощью промежуточной и мерной емкости. Расход воды, вытекающей из промежуточной емкости, составляет подачу водоструйного насоса, или дебит скважины. Для измерения понижения уровня воды в скважине используется контактный уровнемер с датчиком, спускаемым в пьезометрические трубки.

В табл. 20 приведены основные параметры водоструйных насосов.

Основные параметры водоструйных насосов

Параметры	Типоразмер насоса		
	НВ-89	НВ-108	УНВ-127/168
Тип	Водоструйный эжекторный		
Привод:	Буровой насос		
Подача, м <sup>3</sup> /ч	14	16	16-18
Напор, МПа	2,0	2,5	3,5-4,0
Подача водоструйного насоса (м <sup>3</sup> /ч) при высоте подъема воды, м:			
0-10	20	35	32
10-30	15	24	20
30-50	6	10	15
50-70	3	5	10
70-90	0	0	5
Диаметр фильтровой колонны, мм	89	108	127, 146, 168
Уплотнительный элемент:			
Марка резины	3826 СКН (ГОСТ-7338-65)	3826 СКН (ГОСТ-7338-65)	РУП-85 ПГРВ (ТУ-38105972-76)
Относительное удлинение при разрыве, %	300-500		
Проявление хрупкости при температуре, °С		- 30... - 50	
Стойкость в агрессивной среде	Маслонефтестойкая		
Масса, кг	6	9	16

### Восстановление проницаемости водоносных горизонтов с помощью пневмовзрыва

В настоящее время в различных организациях, осуществляющих бурение и ремонт скважин на воду, находит все более широкое применение для восстановления проницаемости водоносных горизонтов аппарат скважинный пневматический АСП-Т. Аппарат может быть использован как в скважинах, вскрывших рыхлые песчаные породы и оборудованных фильтрами, так и в открытых стволах скважин, пробуренных в устойчивых трещиноватых породах. Диаметры скважин - 108-306 мм.

В состав технологического оборудования, смонтированного на одноосном прицепе (рис. 25), входят:

- компрессор К2-150, развивающий максимальное рабочее давление сжатого воздуха в баллонах до 15 МПа;

- приводной двигатель УД-25Г;
- пневмокамера диаметром 75 мм с максимальным рабочим давлением воздуха 12 МПа и рабочим объемом 500 см<sup>3</sup>;
- магистраль пневмокамеры с максимальным рабочим давлением 3 МПа, баллоны сжатого воздуха (3 шт.) с суммарным объемом 120 л;
- лебедка с пневматической магистралью для спуска пневмокамеры в скважину и извлечения ее.

Действие аппарата на прифильтровую зону и фильтр основано на использовании энергии сжатого воздуха для возбуждения импульсных воздействий в зоне водопритока, способствующих разрушению осадков и восстановлению проницаемости прифильтровой зоны и фильтров. Источником импульсных воздействий служит пневматическая камера, питающаяся сжатым воздухом от баллонов по пневматической магистрали.

Частота срабатывания пневмокамеры, опускаемой в обрабатываемый интервал, составляет 15-30 мин<sup>-1</sup>, расход сжатого воздуха на разовую обработку - 120 л.

Конструкция аппарата предусматривает возможность в широких пределах менять характер воздействия на пласт путем регулирования давления в камере, ее рабочего объема, режима выхлопов, добиваясь получения наибольшей энергии сжатого воздуха.

Перед началом обработки скважину необходимо прокалбровать шаблоном и промыть от глинистого раствора, шлама и песка. По окончании обработки скважину промывают для предупреждения возможной вторичной кольматации фильтра. При необходимости обработку можно повторить до получения желаемых результатов.

Наибольший эффект от применения АСП-Т достигается при освоении скважин, пробуренных в рыхлых песчаных породах и оборудованных фильтрами различных конструкций. После обработки дебит скважины возрастает в 3-4 раза и более.

Следует также отметить, что данный способ достаточно эффективен и при восстановлении дебитов скважин, пробуренных в многослойных коллекторах с различными пьезометрическими уровнями водоносных горизонтов, где метод торпедирования, например, не дает требуемых результатов.

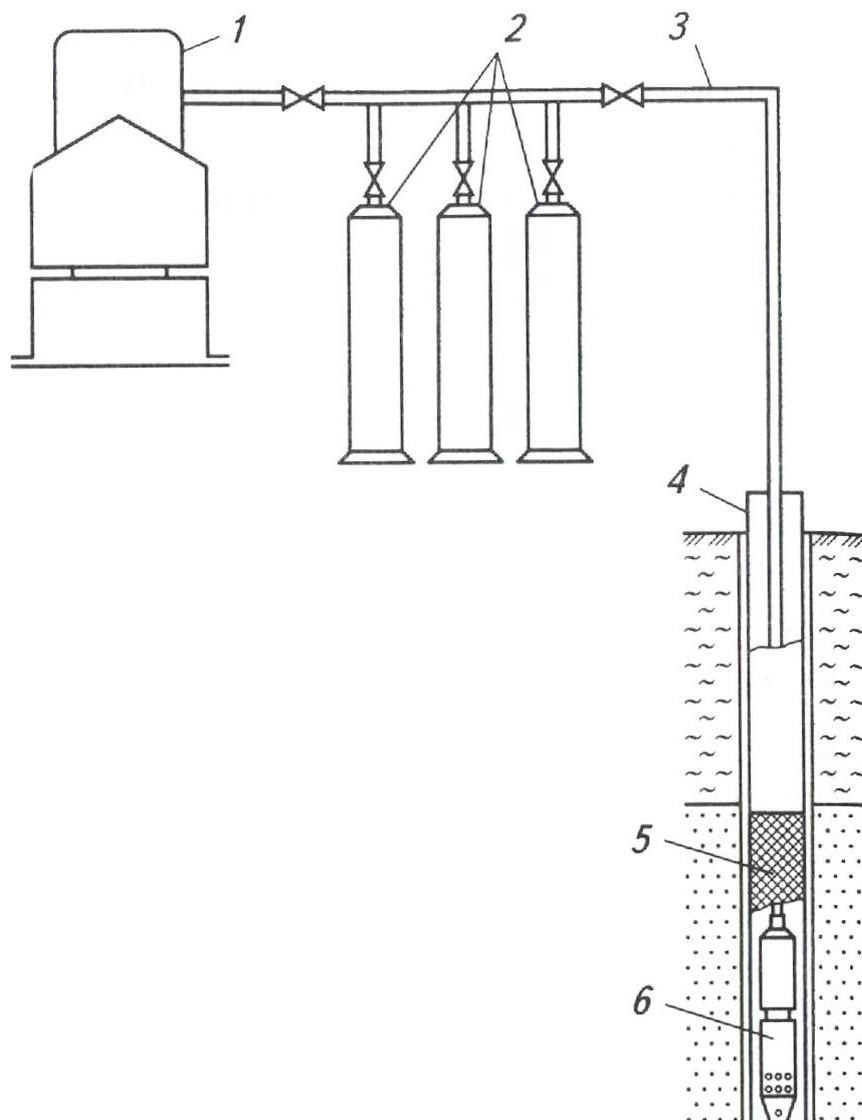


Рис. 25. Схема восстановления проницаемости водоносных горизонтов с помощью пневмовзрыва

1 - компрессор; 2 - баллоны; 3 - магистраль пневмокамеры; 4 – фильтровая колонна; 5 - фильтр; 6 - пневмокамера

## 20. Геофизические исследования в скважинах

Геофизические исследования в скважинах предусматриваются для решения следующих задач:

- 1) Литолого-стратиграфического расчленения разреза скважины;
- 2) Выделения в разрезе и определения мощностей водообильных зон;
- 3) Определения гидрогеологических параметров водоносного горизонта (коэффициента и скорости фильтрации, минерализации пластовой воды, коэффициента водопроводимости и др. параметров);
- 4) Оценки кавернозности пород.

Геофизические исследования должны предусматриваться сметами на бурение артскважин. ГИС проводятся геофизическими подразделениями буровых организаций, а в случае их отсутствия, геофизическим подразделением «Геоцентра-Москва» или же по его поручению другой специализированной геофизической организацией с выдачей буровой организации, осуществляющей производство работ, рекомендаций по перспективным на воду горизонтам, непосредственно на скважине на основании предварительной интерпретации данных.

№№ п/п	Геофизический метод	Решаемые гидрогеологические задачи и условия их применения
1	2	3
<b>А. Обязательный комплекс</b>		
1	Гамма-каротаж (ГК)	Литологическое расчленение разреза по степеням естественной гамма-активности на водонепроницаемые и слабопроницаемые породы. Применяется в открытом стволе или обсаженной колонне.
2	Электрокаротаж (ЭК)	Уточнение геологического разреза по величине удельного электрического сопротивления горных пород. Применяется в открытом стволе.
3	Кавернометрия (КМ)	Техническое состояние колонн, диаметры бурения, интервал посадки фильтров, кавернозность пород в открытом стволе. Применяется в открытом стволе и в обсадке.
4	Резистивиметрия (РМ)	Определение активных зон фильтрации, направление перетоков по скважине, определение естественной минерализации подземных вод, скорости фильтрации и качества межпластовой изоляции обсадных колонн. Применяется в открытом стволе, в обсадной и перфорированной колоннах.
<b>Б. Дополнительный комплекс</b>		
5	Методы термометрии, расходомерии, пневматическая обработка скважин, ядерные и индикаторные методы.	Применяются в качестве дополнительных в случае неоднозначности или малой эффективности методов обязательного комплекса, а также при геологических исследованиях.

По результатам окончательной интерпретации данных геофизических исследований пользователю недр будет передан геолого-геофизический разрез по каждой скважине (уточненная геологическая колонка с копиями кривых всех методов каротажа) и заключение о результатах ГИС.

## 21. Производство откачек из скважин

Для опробования производят откачку, во время которой уровень воды в скважине понижается, при прекращении откачки он восстанавливается. При откачке, вследствие уменьшения гидростатического давления к стенкам скважины, к её забою по водовмещающим породам устремляются потоки воды. Чем больше откачивается воды, тем сильнее приток. Понижение уровня грунтовых вод при откачке происходит как в самой скважине, так и в окружающей водоносной породе; при этом поверхность грунтовой воды принимает форму воронки депрессии. Место соединения кривых депрессии внутри ствола скважины определяет положение динамического уровня. Расстояние между статическим и динамическим уровнями называется понижением и обозначается буквой  $S$ . Площадь, на которую распространяется на время откачки воронка депрессии, называется площадью влияния скважины. Расстояние от скважины до крайних точек, где влияние откачки уже практически не сказывается, называется радиусом влияния  $R$ , или радиусом депрессии. Количество воды, откачиваемой из скважины за единицу времени при установившемся постоянном динамическом уровне, называется производительностью, или дебитом скважины и выражается в кубических метрах в час или литрах в секунду. Общая производительность скважины тем больше, чем больше общее понижение уровня при откачке.

Удельная производительность скважины  $q$  ( $\text{м}^2/\text{ч}$ ) представляет собой частное от деления общего дебита скважины  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) на количество метров понижения  $S$  (м). Как правило, удельная производительность уменьшается по мере увеличения понижения и определяется по формуле:

$$q = \frac{Q}{S}.$$

Наиболее часто применяют предварительную, пробно-эксплуатационную и опытную откачки. Откачки производят для очищения воды от посторонних примесей, песка и промывочного раствора, опробования скважины, установления ее производительности и подготовке к постоянной эксплуатации.

Предварительная откачка чаще всего производится эрлифтом. Дебит и понижение уровня при этом обычно не фиксируются. Если при предварительной откачке снижается уровень воды до забоя, необходимо фиксировать время восстановления уровня для определения дебита. Предварительную откачку можно производить как предварительное ориентировочное опробование попутно встреченного водоносного пласта, так и вспомогательное перед пробно-эксплуатационной или опытной откачкой.

Пробно-эксплуатационная откачка проводится для установления опытным путем возможности получения из скважины запроектированного дебита.

Опытная откачка проводится для определения возможной производительности скважины. Расчетным путем по формулам и построением графика зависимости дебита от понижения получают возможную производительность скважины и соответствующее понижение уровня.

Откачка должна продолжаться до полного осветления воды при установившемся режиме потока, т.е. при стабильном понижении и при соответствующем этому понижению неизменяющемся дебите. При определении продолжительности пробно-эксплуатационных и опытных откачек следует учитывать гидравлическое состояние водоносного горизонта и различать откачки из напорных и безнапорных водоносных горизонтов.

Выбор водоподъемных средств определяется положением динамического уровня воды в скважине, требуемой производительностью, внутренним диаметром обсадных труб участка скважины и временем работы по откачке воды.

Различают водоподъемники для неглубоких (до 6-8 м от поверхности земли) и глубоких динамических уровней (до 100 м и более). К первым относятся горизонтальные центробежные насосы, ко вторым - центробежные погружные насосы с вертикальным валом, эрлифты, струйные насосы и др.

## **22. Оборудование скважин**

После бурения скважин и проведения всего комплекса опытно-фильтрационных работ, каждая скважина оборудуется герметичным оголовком. Герметизация выполняется в соответствии с типовым проектом (серия 1.901-7 «Герметизированные оголовки трубчатых колодцев» Вып.1. «Оголовки колодцев, предназначенных для водоснабжения, оборудуемых насосами типа ЭЦВ»). Оголовок делается стальным, сварным. Герметизация скважины обеспечивается резиновым уплотнительным кольцом. В плите оголовка предусмотрены сальники для пропуска электрокабелей и отверстие с пробкой (при отсутствии пьезометра) для замера уровня воды в скважинах с помощью электроуровнемера. При монтаже оголовков замоноличивается бетоном. Высота фланца опорной плиты над верхом бетонного массива составляет не менее 500 мм.

Для контроля производительности на каждой скважине устанавливается водомер, каждая скважина оборудуется краном для отбора проб воды.

Над скважинами сооружается павильон. После подведения электроэнергии по постоянной схеме скважины оборудуются эксплуатационными погружными насосами. Для постоянной эксплуатации может быть использован насос типа ЭЦВ.

Возможно использование насосов других марок, обеспечивающих необходимую производительность и напор.

Для управления данными насосами выбирается устройство полной защиты двигателя обеспечивающее включение/выключение насоса, его защиту по максимальному току и «сухому пуску», индикацию рабочего состояния. Для исключения опасности возникновения в системе гидроудара станция управления обеспечивает подключение насоса по схеме «звезда-треугольник» с растянутым переключением.

Электропитание к насосу подается посредством подводного многожильного кабеля, соединение которого с моторным кабелем осуществляется посредством специальной кабельной муфты с водонепроницаемым соединением.

От насоса вода поступает по специальным водоподъемным колоннам, состоящим из стальных труб, закрепляемым на оголовке устья водозаборной скважины.

Следует отметить, что возможные уточнения параметров скважин по результатам их бурения и опытных откачек могут привести к уточнению комплектации водоподъемного оборудования.

### 23. Крепление скважин

Крепление стенок водозаборных скважин при бурении в рыхлых неустойчивых породах, а также при перекрытии водоносных горизонтов производят обсадными трубами.

При бурении водозаборных скважин используют, как правило, металлические обсадные бесшовные муфтового соединения и электросварные прямошовные трубы.

Трубы муфтового соединения выпускаются диаметрами от 114 до 508 мм с толщиной стенки от 6 до 12мм с короткой, нормальной и удлиненной резьбой. Длина труб от 9,5 до 13м (в партии допускается поставка до 20% труб от 6 до 9,5 м и не более 10% труб длиной от 5 до 8 м).

С целью упрощения конструкции и снижения расхода металлических обсадных труб следует применять при креплении водозаборных скважин обсадные трубы муфтового соединения с обточенными муфтами. Рекомендуемые диаметры обточенных муфт приведены в табл.21.

Таблица 21

Наружный диаметр обсадной трубы	Диаметры обточенных муфт для обсадных труб, мм	
	Наружный диаметр муфт	
	необточенных	обточенных
168	188	186
219	243	236,5
273	298	287
325	351	340
377	402	391
426	451	441

Трубы большого размера соединяются при помощи сварки.

Стальные электросварные прямошовные трубы выпускаются диаметрами от 426 до 1420 мм и длиной не менее 5 м с одним продольным швом. Трубы диаметром от 820 до 1420 мм, длиной не менее 5 м могут иметь два продольных шва, а в трубах диаметром 426-720 мм, длиной не менее 10 м допускается один поперечный шов.

Для крепления скважин небольшого диаметра (наблюдательные скважины) можно использовать тонкостенные обсадные металлические трубы ниппельного соединения.

Перед спуском металлических труб, скважину следует проработать новым долотом со скоростью 25-30 м/ч и промыть.

Обсадные трубы предварительно подготавливают к спуску, проводят проверку и смазку резьбы, замер длины труб, установку башмака, стоп-кольца и обратного клапана для цементирования и др. первые 3-4 нижние муфты при спуске колонны обсадных труб приваривают к трубам. При установке в колонне обратного клапана следует периодически подливать в колонну промывочную жидкость с тем, чтобы она имела достаточную массу для нормального спуска.

Для крепления водозаборных скважин также применяются трубы из полимерных материалов.

Такие трубы, в отличие от металлических, обладают высокой стойкостью против коррозии, не подвержены зарастанию минеральными отложениями, имеют небольшую плотность и низкие потери напора на трение при откачке и др. В основном, для крепления скважин используют трубы из полиэтилена низкой плотности (ПНП) и высокой плотности (ПВП).

Недостаток этих труб – низкая механическая прочность, резко снижающаяся при надрезах, ограничивает область их применения глубиной до 150 м. Соединение полиэтиленовых труб производят методом контактной сварки, сваркой методом трения, а также с помощью резьбовых соединений, как правило, труба в трубу.

## **24. Расчет цементирования обсадных колонн**

При креплении водозаборных скважин металлическими, пластиковыми трубами затрубное пространство обязательно цементируется.

Цементирование затрубного пространства производится с целью изоляции водоносных горизонтов друг от друга, борьбы с поглощением промывочного раствора и обрушениями стенок скважины, а также предохранения обсадных труб от коррозионного влияния подземных вод.

От высокого качества цементирования обсадных колонн зависит срок службы и дебит скважины.

Для направления и кондуктора подъем цементного раствора в затрубном пространстве производят от башмака до устья.

В практике бурения при сооружении скважины глубиной более 200 м наиболее распространен способ одноступенчатого цементирования с двумя пробками [19, с.542].

Контроль качества цементирования осуществляется двумя способами.

Первый способ применяют в том случае, когда тампонажная колонна наполнена жидкостью. Через цементировочную головку в колонну труб нагнетают воду и поднимают давление до 4÷6 МПа. Если в течение 30 мин давление упадет не более чем на 0,5 МПа, то герметичность считается удовлетворительной.

Второй способ заключается в следующем. Промывочную жидкость откачивают из труб, понижая уровень не менее чем на 2/3, и, закрыв скважину, оставляют ее в покое на сутки. Если в течение 24 часов уровень жидкости поднимется не более чем на 1м, герметичность считается удовлетворительной.

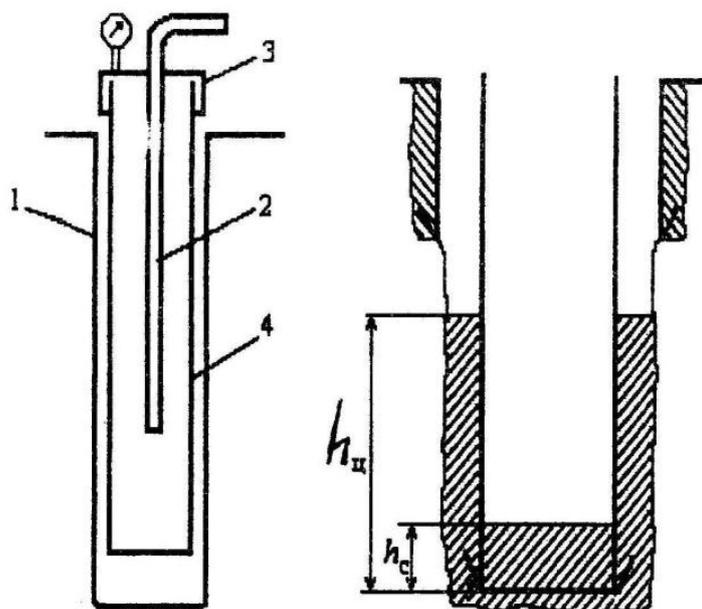


Рисунок 26. Схема к расчету цементирования

Пример:

Требуется провести расчет цементирования эксплуатационной колонны диаметром  $D=245$ мм, спущенной в скважину, глубиной  $L=270$  м. Диаметр ствола скважины по всей длине равен  $D_c=295$  мм. Высота подъема цемента за трубами  $h_{ц}=180$  м. Высота цементного стакана в трубах  $h_c=10$ м (рис.26). плотность цемента  $\rho_{ц}=3100$  кг/м<sup>3</sup>; водоцементное отношение  $m=0,5$ ; плотность воды  $\rho_{в}=1000$  кг/м<sup>3</sup>; плотность продавочной жидкости  $\rho_{пр}=1200$  кг/м<sup>3</sup>.

1. Определим объем цементного раствора, который необходимо закачать в скважину из уравнения:

$$V_{ц,р} = V_1 + V_2 = \frac{\pi}{4} [(k_1 \cdot D_c^2 - D^2)h_{ц} + d^2h_c], \text{ м}^3, \quad (31)$$

где  $V_1$ - объем цементного раствора за трубами высотой  $h_{ц}$  в м<sup>3</sup>;

$V_2$ - объем цементного раствора в трубах высотой  $h_c$  в м<sup>3</sup>;

$k_1$ - 1,2÷1,4 – коэффициент, учитывающий заполнение каверн, трещин;

$D_c$ - диаметр скважины в м;

$D$ - наружный диаметр обсадных труб в м;

$d$  - внутренний диаметр обсадных труб в м;

$$V_{ц,р} = \frac{\pi}{4} [(1,3 \cdot 0,295^2 - 0,245^2)180 + 0,2285^2 \cdot 10] = 7,91 \text{ м}^3.$$

2. Потребное количество сухого цемента  $q_{ц}$ .

Для приготовления 1 м<sup>3</sup> цементного раствора с водоцементным отношением  $m$  определим из уравнения:

$$q_{ц} = \frac{\rho_{ц} \cdot \rho_{в}}{(\rho_{в} + m \rho_{ц})}, \text{ кг/м}^3, \quad (32)$$

$$q_{ц} = \frac{3100 \cdot 1000}{(1000 + 0,5 \cdot 3100)} = 1216 \text{ кг/м}^3.$$

3. Определим количество сухого цемента для приготовления цементного раствора объемом, равным  $V_{ц,р}$  из формулы:

$$Q_{ц} = k_{ц} q_{ц} V_{ц,р}, \text{ кг}, \quad (33)$$

где  $k_{ц} = 1,05 \div 1,15$  – коэффициент, учитывающий потери цемента;

$$Q_{ц} = 1,1 \cdot 1216 \cdot 7,91 = 10580 \text{ кг}$$

4. Необходимый объем воды  $V_{в}$  для приготовления цементного раствора составит:

$$V_{в} = \frac{m Q_{ц}}{k_{ц} \rho_{в}}, \text{ м}^3, \quad (34)$$

$$V_{в} = \frac{0,5 \cdot 10580}{1,1 \cdot 1000} = 5,82 \text{ м}^3.$$

5. Определим объем продавочной жидкости.

$$V_{пр} = \frac{\pi}{4} k_2 d (L - h_c) \text{ м},$$

где:  $k_2 = 1,03 \div 1,05$  – коэффициент, учитывающий сжимаемость продавочной жидкости;

$L$  – длина обсадной колонны в м.

$$V_{пр} = 0,785 \cdot 1,04 \cdot 0,2285^2 (270 - 10) = 11,03 \text{ м}^3.$$

6. Определим максимальное давление в конце цементирования.

$$P = P_{г} + g(h_{ц} - h_c)(\rho_{ц,р} - \rho_{пр}) 10^{-6}, \text{ МПа},$$

где  $P_{г}$  – потери давления на гидравлические сопротивления;

$\rho_{пр}$  – плотность продавочной жидкости в кг/м<sup>3</sup>,

$L$  – длина обсадной колонны в м;

$$P_{г} = 1 \cdot 10^{-3} L + 0,8, \text{ МПа},$$

$$P_{г} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 270 + 0,8 = 1,07 \text{ МПа},$$

$$\rho_{ц,р} = \frac{\rho_{ц} \cdot \rho_{в} (1 + m)}{\rho_{в} + m \rho_{ц}} = \frac{3100 \cdot 1000 (1 + 0,5)}{1000 + 0,5 \cdot 3100} = 1823 \text{ кг/м}^3,$$

$$P = 1,07 + 9,81 (180 - 10) (1823 - 1200) 10^{-6} = 2,11 \text{ МПа}.$$

7. Выбираем по максимальному давлению цементировочный агрегат ЦА-300, который при давлении 7 МПа развивает подачу (прокачивает цемент)  $10,3 \text{ л/с} = 10,3 \cdot 3600 / 1000 \text{ м}^3/\text{ч} = 37,08 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

8. Определим продолжительность цементирования из:

$$t_{ц} = 60 \left( \frac{V_{ц,р} + V_{пр}}{Q_{ца}} \right), \text{ мин},$$

где  $Q_{ца}$  – производительность цементировочного агрегата, м<sup>3</sup>/ч

$$t_{ц} = 60 \left( \frac{7,91 + 11,03}{37,08} \right) = 30 \text{ мин} + (15 \text{ мин}) * = 45 \text{ мин},$$

(15 мин.)\* – время, необходимое на установку верхней пробки.

9. Время начала загустевания цементного раствора должно быть больше продолжительности цементирования

$$t_3 = t_{ц} + \Delta t, \text{ мин.},$$

где  $\Delta t=10\div 20$  мин. – резерв времени.

Тогда минимально необходимый срок начала загустевания цементного раствора составит:

$$t_3 = 45 + 15 = 60 \text{ мин.}$$

Применяемый при бурении цемент имеет начало схватывания, т.е. начинает терять подвижность, не ранее 2ч после затворения раствора. За период от затворения и до начала схватывания цементного раствора необходимо произвести его закачивание в скважину.

## 25. Ремонт скважин на воду

Пескование скважин является одной из основных причин снижения дебита и срока службы скважины. В пескующей скважине внутренняя часть фильтра заполняется песком, блокируя его рабочую поверхность.

Для очистки скважин от песчаной пробки существует несколько способов:

- очистка скважины от песчаной пробки желонированием;
- очистка скважины от песчаной пробки с помощью эрлифта;
- очистка скважины от песчаной пробки с помощью размыва;
- очистка скважины от песчаной пробки разбуриванием;

Очистка скважин от песчаной пробки способом желонирования применяется в случае слабоуплотненных песчаных пробок, без включения посторонних предметов, при любом положении уровня воды в скважине и при любой глубине установки фильтра в скважине.

Работы по ликвидации пескования заключаются в следующем: определении причины пескования скважины, удалении песчаной пробки, устранении причины, вызвавшей ее образование.

Для удаления песчаной пробки из скважин применяют клапанные, поршневые и автоматические желонки длиной до 12 м. диаметр желонки должен быть на 50-100 мм меньше внутреннего диаметра обсадных труб (фильтра), в которых происходит удаление пробки. В трубах диаметром 168 мм и 219 мм используют желонки, имеющие наружный диаметр соответственно 89 мм и 114 мм. Желонку опускают в скважину на канате лебедки буровой установки.

Для определения глубины нахождения желонки в скважине на канате закрепляют одну или несколько хорошо различимых меток.

Для заполнения клапанной или поршневой желонки производят 5-8 ударов о забой, а автоматической желонки - один удар.

Очистка скважины от песчаной пробки с помощью эрлифта.

Способ с применением эрлифта позволяет удалять неуплотненные песчаные пробки.

Применяется центральная схема размещения воздухопроводных труб, как наиболее технологичная и простая.

В качестве водоподъемных труб применяют обсадные трубы нипельного соединения диаметром 108 мм, 127 мм и 146 мм.

В качестве воздухопроводных труб при применении передвижных компрессоров с подачей  $3 \div 10$  м<sup>3</sup>/мин используют трубы диаметром 30÷50 мм.

Устье скважины оборудуется с воздушной и водопроводной линиями. Сжатым воздух, закачиваемый в скважину компрессором по колонне воздухопроводных труб, через смеситель попадает внутрь водоподъемной колонны, образуя внутри ее водовоздушную смесь небольшой плотности, которая, засасывая песчаные частицы, поступает на поверхность.

Увеличение коэффициента погружения смесителя (в пределах  $1,5 \div 3,0$ ) приводит к снижению расхода сжатого воздуха, но ведет к увеличению длины колонны воздухопроводных труб и соответственно к росту требуемого пускового давления компрессора.

Очистка скважины от песчаной пробки разбуриванием.

С помощью разбуривания удаляют сильно уплотненные песчаные пробки и обвалившиеся породы при любом положении уровня воды в скважине и при любой глубине установки фильтра в скважине.

В качестве породоразрушающего инструмента используют трехшарошечные долота типа М или лопастные долота типа 2Л или 3Л.

Разбуривание ведут при числе оборотов  $60 \div 90$  в минуту. В качестве промывочной жидкости используют чистую воду с подачей от 6 до 12 л/с.

Замена фильтровой колонны в скважине.

Перед извлечением фильтровой колонны скважину в зоне фильтра очищают от песка и посторонних предметов. Для определения положения и формы верхней части надфильтровой трубы в скважину, на колонне бурильных труб, опускают печать и после подъема, осматривают ее.

При извлечении фильтра домкратами подготавливают устье скважины для установки домкратов с укладкой брусьев (рельсов) и досок.

Фильтровую колонну в скважинах заменяют при:

- длительном песковании, вызванном несоответствием размеров отверстий фильтра гранулометрическому составу песка водоносного горизонта или механическом разрушении фильтра;
- невозможности восстановления дебита;
- коррозионном разрушении фильтра.

Фильтровую колонну, плотно обжатую в зоне фильтра породой, начинают извлекать из скважины с помощью домкратов грузоподъемностью от 1000 до 3000 кН. Подъем труб с помощью домкратов производят до момента стягивания фильтровой колонны, после чего извлечение фильтра продолжают при помощи лебедки буровой установки.

Перед установкой нового фильтра ствол скважины в зоне водоносного горизонта прорабатывает долотом с интенсивной промывкой забоя до полного извлечения шлама.

Установку фильтра в скважину производят, в основном, на бурильных трубах "впотаи" при последующем извлечении труб из скважины.

Фильтр оснащают разжимным сальником, устанавливаемым верхней части надфильтровой трубы, и деревянной пробкой, забиваемой в трубу отстойника.

Сальник служит для изоляции водоприемной части скважины от водоподъемной части скважины и предотвращает занос частиц через кольцевой зазор в скважину.

Пробка предотвращает занос частиц породы забоя скважины внутрь фильтра.

Восстановление работоспособности (проницаемости) водоносных горизонтов с помощью пневмовзрыва.

Аппарат скважинный пневматический АСП-Т применяется как на стадии освоения, так и при ремонте скважин.

Аппарат может быть применен как в скважинах, вскрывших рыхлые песчаные породы водоносного горизонта и оборудованных фильтрами, так и в открытых стволах скважин, пробуренных в устойчивых трещиноватых породах.

Действие аппарата на прифильтровую зону и фильтр основано на использовании энергии сжатого воздуха для возбуждения импульсных воздействий в зоне водопритока, способствующих разрушению осадков и восстановлению проницаемости прифильтровой зоны и фильтра.

Конструкция аппарата предусматривает возможность в широких пределах менять характер воздействия на пласт, добиваясь получения наибольшей энергии сжатого воздуха.

Наибольший эффект от применения АСП-Т достигается при освоении скважин, пробуренных в рыхлых песчаных породах и оборудованных фильтрами различных конструкций. После обработки дебит скважины возрастает в 3-4 раза и больше.

## **26. Ликвидация скважин**

Все скважины, выполнившие свое назначение, а также аварийные и вышедшие из строя, подлежат ликвидации, т.е. заполнению ствола скважин водонепроницаемым материалом с целью предотвращения обводнения месторождения полезных ископаемых, защиты водоносных горизонтов от загрязнения и смешения подземных вод, сохранения гидрогеологических условий данного региона.

Кроме того, самоизливающиеся скважины наносят большой ущерб окружающей среде, нарушая ландшафт территории, изменяя режим поверхностных и подземных вод, загрязняя водные бассейны, выводя из хозяйственного оборота плодородные земли, а поэтому подлежали ликвидации. Действующие скважины также могут являться источником загрязнения водоносных горизонтов из-за неправильного оборудования устья, некачественного цементирования обсадных колонн и их разгерметизации и т.д., такие скважины также подлежат ликвидации.

Перед ликвидационным тампонированием обсадные трубы извлекают, промывают скважину. Способ ликвидации скважин выбирается в зависимости от горно-геологических и гидрогеологических условий бурения, глубины и диаметра скважины наличия или отсутствия обсадных колонн в скважине.

Скважины со слабым водопритоком и небольшой глубины тампонируют глиной на всю глубину. Тампонажный материал готовят из вязкой глины с содержанием песка не более 6%. Из тампонажного материала готовят глинистые шарики и забрасывают в скважину через устье с трамбовкой через 1-1,5 м. размер шариков должен быть на 30-40 мм меньше диаметра скважины.

Скважины с большим водопритоком и самоизливающиеся с напором до 1,5 м. ликвидируются следующим образом:

- в пределах водоносных горизонтов ствол скважины засыпается чистым промытым песком или гравием
- в подошве и кровле, ограничивающих водоносные горизонты, устанавливают цементные мосты мощностью до 4-5 м. с заполнением пространства между ними в пределах водоупоров глинистыми шариками или глинистым раствором.

Для цементных мостов применяется песчаный цементный раствор. Плотность цементного раствора 1,8-1,9 г/см<sup>3</sup>, глинистого раствора 1,2-1,3 г/см<sup>3</sup>; -интервал выше последнего цементного моста забрасывается до устья скважины глиной с трамбовкой.

Если ликвидируемая скважина находится вблизи действующих, то сама скважина и тампонажный материал обрабатываются раствором хлорной извести с содержанием активного хлора 75-100 мг на 1 л воды.

При невозможности извлечения обсадных труб необходимо:

- засыпать скважину песчано-гравийной смесью до башмака обсадной колонны с трамбовкой;
- обсадные трубы выше башмака перфорировать на высоту 10-15 м (10÷15 отверстий на 1 м трубы);
- залить в скважину цементный раствор на высоту 10-15 м выше башмака (на 1 м<sup>3</sup> раствора необходимо 1000 кг цемента и 500 кг воды);
- верхнюю часть скважины затампонировать глиной.

Сильно засоренные скважины невозможно очистить полностью, тампонируются только цементным раствором до глубины на 10÷15 м выше кровли водоносного пласта. Остальной интервал до устья скважины тампонируется глиной.

Самоизливающиеся скважины с напором более 1,5 м ликвидируются в следующем порядке:

- сначала ликвидируется самоизлив;
- после ликвидации самоизлива на обсадную трубу устанавливается фонтанная арматура, подсоединяется насос и нагнетается утяжеленный глинистый раствор под давлением, превышающим пластовое, до ликвидации самоизлива.

В аварийных скважинах, подлежащих тампонированию, в случае частичного перекрытия ствола скважины аварийным инструментом или обрушенной породой, интервал от забоя до места аварии заливается цементным раствором, а остальная часть от места аварии до устья тампонируется глиной с трамбовкой.

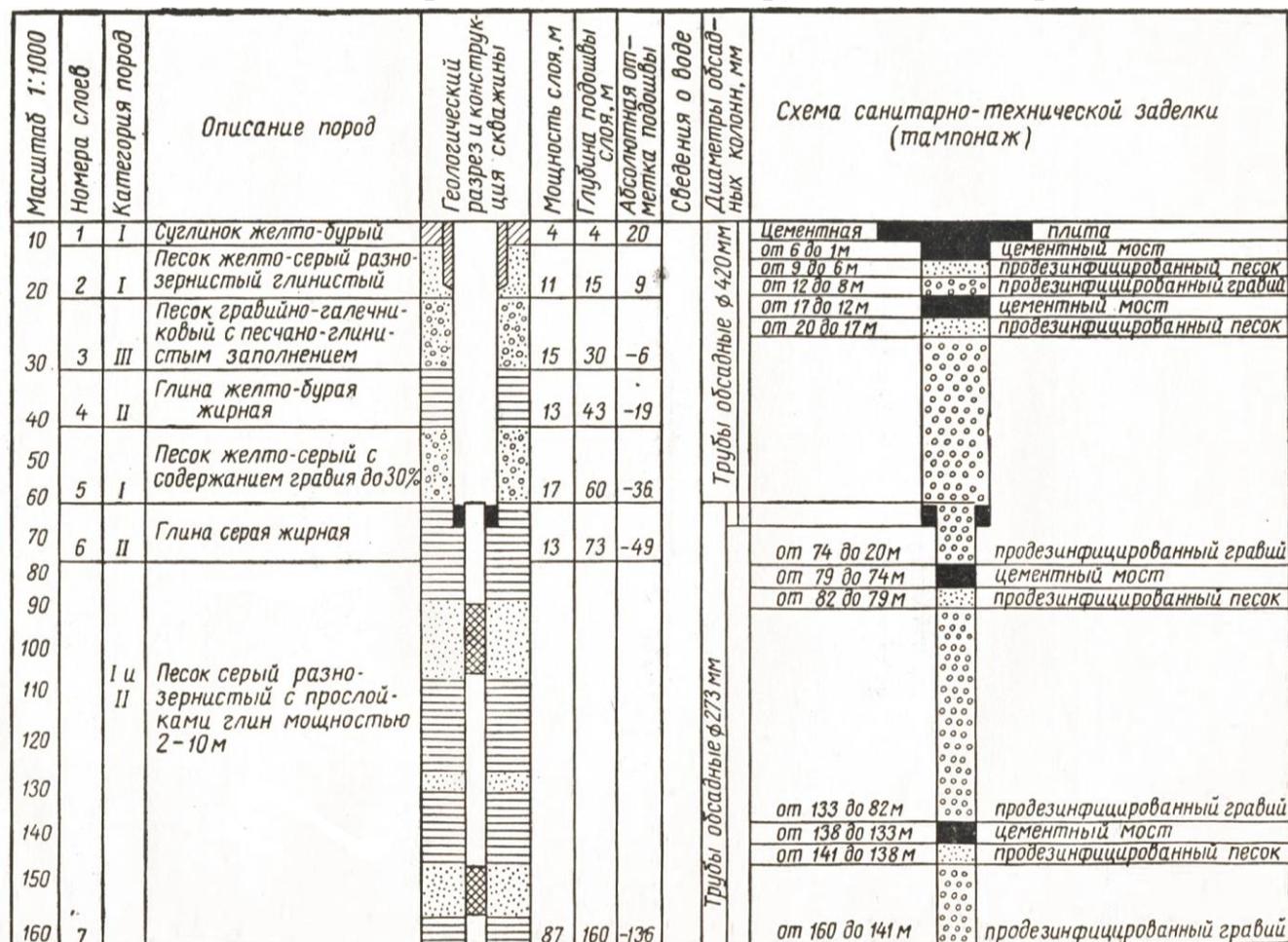


Рисунок 27. Схема ликвидационного тампониования скважины

На рис.27 приведена в качестве примера схема ликвидационного тампониования скважины, оборудованной фильтровой колонной "впотай" диаметром 273 мм с двумя рабочими участками на интервале 95-105 м и на

интервале 150-157 м. перед ликвидацией фильтровая колонна, кондуктор и направление извлечены из скважины.

В зоны, где имеется поступление и движение вод, засыпан инертный материал гравий и песок, предварительно промытый водой для отмыва мелких фракций и продезинфицированный. Над инертным материалом через трубы залит цементный раствор для установки цементных мостов.

#### Тампонажные растворы и смеси, химические реагенты

В табл. 22 приведены составы тампонажных растворов и смесей, даны их основные свойства и указано назначение (условия для применения).

Тампонажные растворы и смеси.

Тип растворов и смесей	Состав	В/Ц	Сроки схватывания, ч-мин		Плотность т/м <sup>3</sup>	Основные свойства (характеристики)	Назначение
			Начало	Окончание			
1	2	3	4	5	6	7	8
Растворы и смеси на основе минеральных вяжущих							
Базовый	Тампонажный портландцемент ПЦТ (ГОСТ 1581-85)	0,5	2-00	10-00	1,8-1,9	Хорошая текучесть и прокачиваемость	1. Для пористых и мелкотрециноватых пород с малой и средней интенсивностью поглощения; 2. В качестве базового для тампонажных смесей
Облегченные	ПЦТ – до 40%; диатомит, трепел, опока – до 45%; доменный шлак – до 20%	0,95-1,2	2-00	18-00	1,4-1,6	Малая водоотдача, хорошие закупоривающие свойства	Для малых пластовых давлений и уменьшения поглощения раствора.
Утяжеленные	ПЦТ – до 20%; гематит, барит – до 75%; доменный шлак	0,33-0,35	2-00	12-00	1,95-2,3	Прочный камень, малая проницаемость, упругость	Для высоких пластовых давлений
Соляные	ПЦТ, затворенный на насыщенном растворе солей; NaCl – 26,4%, MgCl-36,0%, CaCl <sub>2</sub> -42,3%, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -14,4%	0,5	0,50..1-50	3-50..1-50	1,95-2,0	Хорошая прокачиваемость, сцепляемость с породами и трубами, совместимость с другими реагентами	Для соленосных отложений, агрессивных подземных вод

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7	8
Песчанистые	ПЦТ- до 50%; кварцевый песок – до 50%	0,8	9-00	10-00	1-85	Прочный непроницаемый камень, коррозионностойк	Для соленосных отложений, агрессивных подземных вод
Волокнистые	ПЦТ с наполнителями – до 3% (хлопковые отходы, волокна асбеста, отходы кордного)	0,5	2-00	10-00	1,8	Повышенная вязкость	Уменьшение поглощения в кавернозных породах с интенсивным поглощением
Глиноцемент ные	ПЦТ с добавлением бентонита – 4- 10% и CaCl – 4%	0,5	3-15... 3-50	4-40... 5-05	1,8- 1,84	Хорошие закупоривающие свойства	Для зон интенсивных поглощений
Быстросхватывающиеся	ПЦТ с добавлением ускорителей схватывания от 2 до 10%; CaCl <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NaCl, NaOH, NaSiO <sub>3</sub>	0,5	0-50... 1-50	1-00... 2-00	1,8- 1,85	Сокращение сроков схватывания	Для зон интенсивных поглощений
	Гипс строительный с добавлением 0,5- 1,0% замедлителей схватывания (КМЦ, ССБ, гипан, ПАА и др.)	0,6	0-40... 1-50	1-00... 1-68	1,67- 1,68		

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Растворы и смеси на основе полимеров</b>							
Отверждаемый глинистый раствор	Глинистый раствор плотностью 1,1-1,4 т/м <sup>3</sup> – 58-65%; 30%-ный формалин – 10-16%, состав ТС-		1-00... 3-00	1-20... 3-30	1,2	Высокая седиментационная устойчивость, небольшая проницаемость камня	Для зон интенсивных поглощений
Тампоная смесь СКМ-9	Карбамидная смола М19-62, отверждаемая 30%-ным водным раствором хлорного железа 0,5-1,0%		2-00... 0-50	3-00... 1-10	1,4		
<b>Тампоные пасты</b>							
Гипаноцементная паста	Массовые части ПТЦ – 100; гипан – 1,0; СаСl <sub>2</sub> – 3,0-5,0	0,5 - 0,6	2-35... 2-45	3-45... 4-45	1,8- 1,85	Твердеющая, нерастаемая, но прокачиваемая масса с высокой начальной пластической прочностью	Для зон интенсивных поглощений, приуроченных к крупнотрещиноватым и кавернозным породам
Глиноцементная паста	ЩТ – 100 кг; Бентонит – 200-500 кг; сульфат алюминия – 30 – 60 кг; вода – 0,75-1,25 м <sup>3</sup>				1,76- 1,62	Нетвердеющая, нерастаемая, но прокачиваемая масса с пластической прочностью 32 кПа через 1 ч перемешивания; скорость восстановления структуры через 1 сут. твердения – 0,26 кПа/мин	

В таблице 23 приведены ускорители схватывания и твердения, обеспечивающие быстроту загустевания и твердения тампонажных материалов.

Таблица 23

Ускорители схватывания и твердения

Реагент	Условия применения	Количество реагента, % от массы цемента	Примечание
Хлорид кальция $\text{CaCl}_2$ (ГОСТ 450-77)	Положительные температуры	$\leq 2$	Разжижает цементные растворы, сильный ускоритель схватывания
	Отрицательные температуры до $-10^\circ\text{C}$	2-8	
	Наружные отрицательные температуры до $-25^\circ\text{C}$	$\leq 18$	
	Тампонирование в солевых (NaCl, KCl) пластах	До насыщения	
Хлорид натрия NaCl, хлорид калия KCl (ГОСТ 13830-84, ТУ 113-13-14-82)	Положительные температуры	$\leq 2$	Несколько разжижает цементные растворы
	Отрицательные температуры до $-10^\circ\text{C}$	1-4	
	Наружные отрицательные температуры до $-25^\circ\text{C}$	$\leq 15$	
	Тампонирование в солевых (NaCl, KCl) пластах	$\leq 15$	
Углекислый натрий $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (кальцинированная сода)	Положительные температуры до $130^\circ\text{C}$	1-5	Пластифицирует смеси с гипаном и ПАА
Сульфат натрия $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , сульфат калия $\text{K}_2\text{SO}_4$ (ГОСТ 6318-77, ГОСТ 4145-74)	Положительные температуры	1-6	

## Продолжение таблицы 23

Жидкое стекло	Положительные температуры, растворы на основе шлаков и зол	5-15	Уменьшает прочность цементного камня
Мочевина (карбамид)	Положительные температуры	0,1-1,0	Не вызывает коррозию труб
	Отрицательные температуры до - 8 °С	15,00	
Едкий натр NaOH	Положительные температуры	0,3-0,8	
	Отрицательные температуры до - 5 °С		

В таблице 24 даны регуляторы реологии, определяющие степень текучести растворов. Приведены условия применения, количество реагента в % от массы цемента, характерные свойства.

Таблица 24

Регуляторы реологических свойств

Реагент	Условия применения	Количество реагента, % от массы цемента	Примечание
КССБ	Необходимость снижения В/Ц для повышения прочности камня	0,1-7,0	Уменьшает вязкость в 1,5 раза, снижает водоотдачу
СДБ	То же	0,1-7,0	Уменьшает вязкость и водоотдачу
Гипан	Температура до 150°С	0,5-1,0	Уменьшает водоотдачу, увеличивает вязкость в 1,5-3,5 раза
Винная кислота	Температура до 200°С	0,5-1,0	Сильный замедлитель схватывания и твердения
Бура	Температура до 150°С	0,3-1,0	Замедлитель схватывания
ПФЛХ	Температура до 100°С	0,1-0,3	Снижает пенообразование
Хромпик	Температура до 200°С	0,15-0,5	Применяется с СДБ, КССБ, КМЦ, гипаном
ГИФ-1	Необходимость снижения В/Ц для повышения плотности камня	0,1	Вызывает пенообразование
Полимерный реагент ВРП-1	Температура до 75°С	0,002-0,008	То же

После проведения каждого отдельного тампонирувания через 24 ч проверяется его качество путем испытания на герметичность следующими методами:

- гидравлической опрессовкой на давление, превышающим пластовое, но не более 5,0 МПа; тампонирувание считается качественным, если за 30мин давление в обсадной колонне снизится не более 0,5 МПа;
- желонированием жидкости из скважины с понижением уровня; тампонирувание считается качественным, если за 24ч уровень восстановился не более, чем на 1 м.

По окончании ликвидационного тампонирувания ствола скважины производится ликвидация устья в следующем порядке:

- при отсутствии обсадных труб на устье скважины проходится шурф глубиной 1,0м и сечением 1,0×1,0м;
- на устье скважины укладывается бетонная плита размером 0,8×0,8×0,15 м, на которой указывается номер скважины, ее глубина, дата окончания бурения, дата ликвидации скважины; шурф засыпается грунтом и трамбовкой;
- при наличии обсадной колонны верхняя труба срезается на высоту 0,8 м, а на оставшуюся часть одевается и приваривается металлическая заглушка с аналогичной надписью; шурф засыпается грунтом с трамбовкой.

## **27. Организация работ**

В разделе "организация работ" для производственных организаций приводится перечень документов, необходимых для получения лицензии на право пользования недрами с целью добычи подземных вод.

1. Заявление о выдаче лицензии по установленной форме.
2. Сведения о предприятии.
3. Документы на право владения (пользования) земельным участком.
4. Характеристика водозабора (из заключения ФУГП "Геоцентр - Москва")
5. Результаты химических анализов воды по скважинам.
6. Отчет о выполнении "Условий пользования недрами", установленными в предыдущей лицензии.
7. Отчетность по форме 2-ТП "Водхоз" за последние 5 лет.
8. Справка из налоговой о наличии задолженности.
9. Санитарно - эпидемиологическое заключение Роспотребнадзора.

Следует дать последовательность выполнения отдельных видов работ, их срок выполнения, способ ликвидации скважин, а также требования к безопасному ведению труда, охране труда, к мероприятиям по охране окружающей среды во время сооружения и эксплуатации скважины.

В учебном и дипломном проекте в этом разделе необходимо привести план – график работ и геолого-технический наряд. (табл. 25).

Пример.

Таблица 25

План-график сооружения водозаборной скважины глубиной 400 м

Наименование работ	2000						2001											
	Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			март			Апрель		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Обсуждение и подписание договора на сооружение скважины	■																	
Составление проектно-сметной документации, получение разрешения на бурение		■	■	■	■	■												
Бурение скважины, в том числе подготовительные работы							■	■	■	■	■	■						
Вскрытие и освоение водоносного горизонта											■							
Обвязка скважины, установка водоподъемного оборудования											■	■						
Сдача скважины заказчику														■				

Организация \_\_\_\_\_  
 Проектная глубина скважины, м \_\_\_\_\_  
 Скважина начата \_\_\_\_\_  
 Скважина окончена \_\_\_\_\_  
 Скважина сдана в эксплуатацию с дебитом, м<sup>3</sup>/ч \_\_\_\_\_

Буровая устновка \_\_\_\_\_  
 Буровой насос \_\_\_\_\_  
 Бурильные трубы \_\_\_\_\_  
 УБТ \_\_\_\_\_

Технологическая карта (ГТН) на сооружение скважины

Геологическая часть								Техническая часть										
№	Геологический разрез, (колонна)	Порода (краткая характеристика)	Мощность слоя, м			Категория пород по буримости	Статический уровень (от поверхности), м	Понижение при откачке, м	Конструкция скважины	Тип, диаметр породоразрушающего инструмента, мм	Режимы бурения			Очистной агент		Тампонирующее, параметры смеси	Примечания	
			от	до	всего						Осевая нагрузка, кН	Частота вращения, об/мин	Расход очистного агента л/мин	Вид очистного агента	Обработка реагентами			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

## 28. Общие требования, предъявляемые к оформлению проекта

Выполнение проекта осуществляется на основании задания на проектирование, выданного руководителем.

Текстовая часть проекта дополняется таблицами (ГТН, план – график работ и др.), а также рисунками (схема конструкции скважины, установки насоса, работы эрлифта, циркуляции промывочной жидкости, размещения бурового оборудования, чертежи специальных снарядов, графики и т.д.)

Расчетные формулы записываются в буквенном выражении и нумеруются, использованные символы расшифровываются с указанием размерности.

Страницы нумеруются, составляется список использованной литературы и оглавление.

При выборе в качестве спец – темы при составлении дипломного проекта могут быть приняты, например, проблемные вопросы вскрытия или освоения водоносного горизонта. А также разработка вопросов, касающихся внедрения новых технологий и технических средств, позволяющих сократить стоимость и сроки работ, повысить качество последних.

Нормативные материалы, рекомендуемые к использованию для разработки проекта бурения артезианских\* скважин для производственных целей.

1. Акт обследования земельного участка под проектируемый водозаборный узел, скважину.
2. Заключение ФУГП "Геоцентр - Москва" на проектировании скважин.
3. Сводный отчет по изучению режима подземных вод и ведению Государственного водного кадастра на территории города Москвы и Московской области за период с 1986 по 1992 гг.
4. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.02-84
5. Защита подземных вод от истощения и загрязнения. В.М.Бочевер и др., "Недра", 1979.
6. Руководство по проектированию сооружений для забора подземных вод. М., "Стройиздат", 1978.
7. Санитарные правила и нормы. Сан Пи Н 2.1.4. 110-02 "Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно – питьевого назначения".
8. Санитарно – эпидемиологические правила и нормы. Сан П и Н 2.1.4. 1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
9. СН и П 3.05. 04-85. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации.
10. СП 11-108-98. Изыскания источников водоснабжения на базе подземных вод.
11. ГОСТ 24481-80. Вода питьевая. Отбор проб.

\*Артезианские скважины – скважины, вскрывшие напорные воды, залегающие между водоупорными слоями.

## Список литературы.

1. Д.Н.Башкатов, С.С. Сулакшин и др. Справочник по бурению скважин на воду. Под ред. проф. Д.Н.Башкатова. Москва, "Недра" 1979г.
2. Д.Н.Башкатов, С.Л. Драхлис и др. Специальные работы при бурении и оборудовании скважин на воду. Справочник. Москва, "Недра" 1988г.
3. А.Д.Башкатов. Прогрессивные технологии сооружения скважин. Москва, Недра, 2003г.
4. Д.Н.Башкатов, С.В. Пенкевич, Н.В.Соловьев. Методическое руководство по составлению курсового проекта по бурению скважин на воду. Москва, МГРИ, 1983г.
5. Д.Н.Башкатов, А.В.Панков, А.М.Коломиец. Прогрессивная технология бурения гидрогеологических скважин. Москва, "Недра" 1992г.
6. Новые технологии и технические средства для сооружения, освоения и ликвидации гидрогеологических скважин (методические рекомендации и инструкции). Министерство природных ресурсов РФ. Под редакцией Д.Н.Башкатова. ООО "Геоинформцентр". Москва, 2002 г.
7. Р.А. Ганджумян. Практические расчеты в разведочном бурении. Москва, Недра, 1978г.
8. Р.А. Ганджумян, А.Г.Калинин, Н.И.Сердюк. Расчеты в бурении. Справочное пособие. Москва, РГГРУ, 2007г.
9. Н.И.Сердюк, А.Е.Кравченко, В.В.Куликов и др. Технология проектирования разведочно-эксплуатационных скважин на воду. Учебное пособие по курсовому проектированию. МГГРУ, Москва, 2003г.
10. Н.В.Соловьев, Н.В.Демин, Р.А. Ганджумян, И.Д.Бронников. Охрана окружающей среды при бурении скважин. Учебное пособие. МГГРУ, 2005г.
11. А.В. Малоян, Э.А. Малоян. Практические расчеты по бурению скважин на воду. Москва, "Недра" 1968г.
12. А.Г.Калинин, А.И. Радин, Н.В.Соловьев, И.Д.Бронников, А.А.Тунгусов. Бурение разведочных скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые. Учебное пособие (Первая часть). Москва, РГГРУ, 2007г.
13. Н.Г.Середа, В.А.Сахаров, А.Н.Тимашев. Спутник нефтяника и газовика. Справочник. Москва, Недра, 1986г.
14. К.В. Иогансен. Спутник буровика. Справочник. Москва, "Недра" 1990г.
15. СН и П 2.04 02-84. Водоснабжение и наружные сети и сооружения. Строительные нормы и правила.
16. Свод правил. СП 11-108-98 Изыскания источников водоснабжения на базе подземных вод.

- 17.С.В. Пенкевич. Методические указания по проектированию и сооружению скважин на воду. 46с. МГРИ. Москва, 1989г.
- 18.С.В. Пенкевич. Методические указания по расчету струйных насосов при откачке воды из гидрогеологических скважин. 19с. МГРИ. Москва, 2003г.
- 19.Н.В.Соловьев, В.В.Кривошеев, Д.Н.Башкатов и др. Бурение разведочных скважин. Москва. Высшая школа 2007.904с. Учебник для вузов.
- 20.Г.С.Бродов. Бурение и оборудование скважин на воду. Практическое руководство, проектирование и расчет. СПб., 2006. 154с.
- 21.С.В. Пенкевич. Методические указания к расчету эрлифта при откачке из гидрогеологических скважин. М. МГГРУ, 2003
- 22.Рекомендации по строительству и эксплуатации водозаборов подземных вод. Министерство мелиорации и водного хозяйства ССР. 356с. Москва 1978г.
- 23.Е.А.Толстов, Д.Н.Башкатов, А.Д.Башкатов, Р.А. Ганджумян, М.Е.Першин, С.А. Филиппов, Э.Д.Р. Риос. Техника и технология сооружения геотехнологических скважин в Навоийском ГМК. НИА ПРИРОДА 2004.
- 24.А.Я.Третьяк, В.Ф. Чихоткин, П.А. Павлунишин. Техника и технология сооружения гидрогеологических скважин. Ростов-на-Дону 2006 г. Учебник для ВУЗов, 410с.
25. А.И. Булатов, Ю.М. Проселков, В.И. Рябченко. Технология промывки скважин. М.: Недра, 1981 г.
26. И.Д. Бронников, В.В. Куликов. Проектирование скважин на воду. М.: РГГРУ, 2010 г.