

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНАЯ АКАДЕМИЯ

ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

КАФЕДРА РАЗВЕДОЧНОГО БУРЕНИЯ

А.П. НАЗАРОВ

РАЗВЕДОЧНОЕ БУРЕНИЕ

Методические указания

Специальность 0714 «Экономика и планирование геологоразведочных работ»

Утверждено Редакционным советом центра дистанционного образования

МОСКВА 2000

Назаров А. П.

Разведочное бурение

Методические указания М · МГГА 2000

Приведены основные сведения по проектированию буровых работ, рассмотрены различные способы бурения геологоразведочных скважин, приведены рекомендации по построению проектных конструкций скважин, выбору оборудования и инструмента, расчету технологических параметров режима бурения, разработке мероприятий по повышению выхода керна и проведению скважины по проектной трассе, организации работ и ликвидации скважин

Для студентов геологических и экономических специальностей вузов и студентов, обучающихся по программе дистанционного образования, изучающих дисциплину «Разведочное бурение».

ПРОГРАММА КУРСА

ЛЕКЦИИ

ВВЕДЕНИЕ

Содержание и значение курса. Роль бурения в геологоразведочных работах, добыче полезных ископаемых и др. Краткий исторический очерк

Раздел 1. Основы бурения и физико-механические свойства горных пород

Тема 1. Основные понятия и определения Элементы буровой скважины. Классификация буровых скважин по назначению. Способы бурения скважин Общая схема бурения.

Тема 2. Физико-механические свойства горных пород. связность, пористость, устойчивость, плотность, прочность, твердость, абразивность, буримость. Классификация горных пород по буримости, способы определения категории буримости.

Раздел 2 Колонковое бурение

Тема 1 Общая схема колонкового бурения Преимущества и недостатки Производственный цикл бурения скважины

Тема 2. Буровые установки для колонкового бурения Станки и насосы. Вышки и мачты Организация спуско-подъемных операций. Способы транспортировки и монтажа бурового оборудования.

Тема 3 Инструмент для колонкового бурения Состав бурового снаряда Назначение отдельных элементов Колонковый набор Твердосплавные и алмазные коронки. Бурильные трубы. способы их соединений Легкосплавные и утяжеленные бурильные трубы Вспомогательный и аварийный инструмент.

- Тема 4 Крепление скважин Обсадные трубы и их соединения. Конструкции скважин Выбор конечного диаметра скважины
- Тема 5 Удаление шлама с забоя скважины Промывка скважин. Схемы промывки. Виды промывочных жидкостей, их основные свойства. Продувка скважин, область применения.
- Тема 6. Технология бурения. Роль технологических параметров режима бурения. Подбор рациональных параметров для твердосплавного и алмазного бурения.
- Тема 7. Отбор керна при бурении. Понятие «выход керна». Причины снижения выхода керна Способы повышения выхода керна.
- Тема 8. Ударно-вращательное и вращательно-ударное бурение. Гидроударники и пневмоударники Преимущества, область применения способов.
- Тема 9. Искривление скважин, направленное и многозабойное бурение. Причины искривления. Технические средства направленного бурения. Многозабойное бурение. Кернометрия.
- Тема 10. Осложнения при бурении, методы борьбы. Аварии и методы их предупреждения и ликвидации. Аварийный инструмент.

Раздел 3. Бурение неглубоких скважин

- Тема 1. Общие сведения. Способы бурения неглубоких скважин. Ударно-канатное бурение Область применения. Общая схема станка. Состав бурового снаряда. Технология бурения.
- Тема 2. Медленно-вращательное бурение. Область применения. Инструмент, особенности технологии.
- Тема 3. Шнековое бурение Область применения. Оборудование и инструмент. Технология бурения. Комбинированное бурение.
- Тема 4 Вибрационное и пенитрационное бурение. Области применения Схемы, особенности технологий.

Раздел 4. Роторное и турбинное бурение

- Тема 1. Бескерновое бурение. Область применения Инструмент для бескернового бурения Особенности технологии бурения
- Тема 2. Роторное бурение. Общая схема. Буровое оборудование и инструмент. Особенности технологии бурения.
- Тема 3. Турбинное бурение. Общая схема. Преимущества, область применения. Электробурение. Особенности технологии бурения.
- Тема 4. Бурение скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые. Особенности технологии бурения. Конструкции скважин. Оборудование скважин фильтрами.

Раздел 5. Техничко-экономические показатели и перспективы развития разведочного бурения

- Тема 1. Качественные и количественные показатели бурения. Производительность и себестоимость бурения. Скорости бурения. Пути улучшения показателей бурения. Перспективы развития разведочного бурения. Оптимизация процесса бурения. Организация работ. Правила безопасного ведения работ.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Занятие 1. Состав бурового снаряда. Твердосплавные и алмазные коронки.

Занятие 2. Крепление скважин. Обсадные трубы. Выбор конечного диаметра скважины. Построение проектной конструкции скважины.

Занятие 3. Расчет параметров режима бурения

Занятие 4. Двойные колонковые снаряды. комплексы КГК и ССК

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Разведочное бурение является основным способом поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. При изучении курса «Разведочное бурение» студенты специальности 0714 «Экономика и планирование геологоразведочных работ» должны приобрести теоретические сведения и практические навыки решения задач, связанных с составлением проекта на бурение геологоразведочных скважин. Студенты должны научиться ориентироваться в различных способах бурения скважин, самостоятельно строить проектные конструкции скважин, выбирать буровое оборудование и инструмент, определять рациональную технологию бурения.

В процессе изучения курса предусмотрено написание контрольной работы. В контрольной работе должны быть решены следующие задачи.

- выбор способа бурения;
- построение проектной конструкции скважины;
- выбор бурового оборудования;
- выбор бурового инструмента;
- выбор типа очистного агента;
- расчет рациональных параметров режима бурения;
- разработка мероприятий по повышению выхода керна;
- ликвидация скважины;
- составление геолого-технического наряда.

Ниже приведены десять вариантов проектных геологических разрезов, для которых составляется проект на бурение геологоразведочных скважин. Бурение скважин предусматривается колонковым способом кроме интервалов, отмеченных в графе «Особые условия»

Вариант контрольного задания соответствует последней цифре шифра студенческого билета

Вариант 1

Номер слоя	Мощность слоя, м			Описание пород (вид полезного ископаемого)	Категория пород по буримости
	от	до	всего		
1	0	7	7	Грунтовый слой	II
2	7	80	73	Суглинки с включением гальки	III
3	80	110	30	Известняк кавернозный	V
4	110	150	40	Плотный мергель	IV
5	150	380	230	Кварцевые порфиры	VIII
6	380	470	90	Медно-колчеданные жилы	IX-XI
7	470	500	30	Кварцевые порфиры	VIII-IX

Особые условия: Интервал 0 - 150 м без отбора керна

Вариант 2

Номер слоя	Мощность слоя, м			Описание пород (вид полезного ископаемого)	Категория пород по буримости
	от	до	всего		
1	0	3	3	Грунтовый слой	II
2	3	90	87	Глинистые сланцы	VII
3	90	110	20	Гнейс трещиноватый	VIII
4	110	120	10	Кварц сливной	XII
5	120	260	140	Гнейс	VIII
6	260	280	20	Пегматит редкоземельный	IX-XI
7	280	300	20	Гнейс	VIII

Особые условия: Кернометрия скважины

Вариант 3

Номер слоя	Мощность слоя, м			Описание пород (вид полезного ископаемого)	Категория пород по буримости
	от	до	всего		
1	0	10	10	Песок	II
2	10	40	30	Глина пучащая	IV
3	40	120	80	Известняк разрушенный	V
4	120	320	200	Алеврит	VI
5	320	520	200	Песчаник абразивный	VII
6	520	670	150	Медно-никелевые жилы	X
7	670	700	30	Фельзит	X

Особые условия: Интервал 0 - 300 без отбора керна

Вариант 4

Номер слоя	Мощность слоя, м			Описание пород (вид полезного ископаемого)	Категория пород по буримости
	от	до	всего		
1	0	7	7	Почвенно-растительный слой	II
2	7	70	63	Среднезернистый песок	II
3	70	110	40	Глинистый песчаник	VII
4	110	120	10	Разнозернистый песок	II
5	120	310	190	Плотные глины	IV
6	310	370	60	Силикатно-никелевые руды	VI-VII
7	370	400	30	Сиенит	VIII
Общие условия: Интервал 0 - 130 без отбора керна					

Вариант 5

Номер слоя	Мощность слоя, м			Описание пород (вид полезного ископаемого)	Категория пород по буримости
	от	до	всего		
1	0	10	10	Супесь	II
2	10	110	100	Суглинки	III
3	110	250	140	Глинистые сланцы	VII
4	250	255	5	Каменный уголь	II-III
5	255	555	300	Песчаник абразивный	VII
6	555	715	160	Известняк	V
7	715	720	5	Каменный уголь	II
8	720	750	30	Песчаные сланцы	VII
Общие условия: Интервал 0 - 200 без отбора керна					

Вариант 6

Номер слоя	Мощность слоя, м			Описание пород (вид полезного ископаемого)	Категория пород по буримости
	от	до	всего		
1	0	12	12	Валунно-галечные отложения	II-V
2	12	20	8	Среднезернистый песок	II
3	20	80	60	Суглинки	III
4	80	260	180	Песчаник абразивный	VII
5	260	280	20	Алеврит	VI
6	280	285	5	Каменная соль	III
7	285	300	15	Доломит	VII
Общие условия: В интервале 0 - 80 многолетнемерзлые породы					

Вариант 7

Номер слоя	Мощность слоя, м			Описание пород (вид полезного ископаемого)	Категория пород по буримости
	от	до	всего		
1	0	15	15	Почвенный слой	II
2	15	40	25	Песок	II
3	40	60	20	Глина	IV
4	60	65	5	Мергель	VI
5	65	90	25	Боксит	IV
6	90	100	10	Мергель	VI

Особые условия: Применить комплекс КГК-100

Вариант 8

Номер слоя	Мощность слоя, м			Описание пород (вид полезного ископаемого)	Категория пород по буримости
	от	до	всего		
1	0	5	5	Почвенный слой	II
2	5	95	90	Песок	II
3	95	295	200	Плотные глины	IV
4	295	500	205	Песчаник абразивный	VII
5	500	750	250	Гнейс	VIII
6	750	780	30	Титано-магнетитовые руды	XI
7	780	800	20	Гранит	X

Особые условия: Применить снаряд КССК-76

Вариант 9

Номер слоя	Мощность слоя, м			Описание пород (вид полезного ископаемого)	Категория пород по буримости
	от	до	всего		
1	0	5	5	Почвенный слой	II
2	5	120	115	Песок среднезернистый	II
3	120	170	50	Глина	IV
4	170	250	80	Известняк кавернозный	V
5	250	400	150	Песчаник абразивный	VII
6	400	660	260	Гранит	X
7	660	670	10	Молибдено-вольфрамовая жила	XI
8	670	700	30	Гранит	X

Особые условия: Интервал 0 - 260 без отбора керна

Вариант 0

Номер слоя	Мощность слоя, м			Описание пород (вид полезного ископаемого)	Категория пород по буримости
	от	до	всего		
1	0	7	7	Суглинки	II
2	7	20	13	Песок	II
3	20	60	40	Глина	IV
4	60	175	115	Аргиллит	VI
5	175	180	5	Бурый уголь	II
6	180	200	20	Известняк	V
Особые условия:					

1. ВЫБОР СПОСОБА БУРЕНИЯ

Выбор способа бурения скважин зависит от целого ряда факторов, основными из которых являются целевое назначение скважины, тип полезного ископаемого, физико-механические свойства горных пород.

По целевому назначению скважины подразделяются на добычные, геологоразведочные и технические. В данной контрольной необходимо составить проект бурения скважины для детальной разведки твердого полезного ископаемого. Тип полезного ископаемого приведен в контрольном задании (полезное ископаемое – предпоследний слой).

Основными физико-механическими свойствами горных пород, определяющими выбор способа и технологии бурения скважин, являются: связность, пористость, устойчивость, плотность, прочность, твердость, абразивность. Для проектирования и нормирования бурения геологоразведочных скважин используется обобщенный показатель физико-механических свойств горных пород – буримость. Для вращательного бурения скважин в настоящее время принята классификация горных пород по буримости, включающая 12 категорий. Породы I – IV категории называются мягкими, V – VIII категории – породами средней твердости, IX – X категории – твердыми, XI – XII категории – крепкими.

Бурение геологоразведочных скважин осуществляется механическим способом, при котором горная порода на забое разрушается под воздействием породоразрушающего инструмента. В зависимости от характера движения породоразрушающего инструмента к механическим способам бурения относятся ударное, вращательное и ударно-вращательное.

Ударное бурение применяется при разведке россыпных месторождений полезных ископаемых, а также для сооружения гидрогеологических и технических скважин.

Наиболее распространенным является вращательное бурение. Вращательное бурение подразделяется на бескерновое и колонковое. При бескерновом бурении горная порода разрушается по всей площади забоя. Бескерновое бурение применяется при разведке жидких и газообразных полезных ископаемых. При разведке твердых полезных ископаемых бескерновое бурение применяется на стадии детальной разведки при проходке верхних, хорошо изученных, слоев пород. Бескерновое бурение позволяет повысить производительность геологоразведочных работ, но обязательно должно сопровождаться геофизическими исследованиями в скважинах. При проведении поискового бурения на твердые полезные ископаемые бескерновое бурение не применяется.

При колонковом бурении горная порода разрушается по кольцевому забою, а в центре скважины остается ненарушенный столбик породы – керн. Керн извлекается на поверхность и используется для изучения структуры и вещественного состава горных пород. Колонковое бурение является основным способом разведки месторождений твердых полезных ископаемых. Кроме того, колонковое бурение широко применяется при бурении картировочных, структурно-поисковых, инженерно-геологических и гидрогеологических скважин. В зависимости от типа применяемого породоразрушающего инструмента различают два вида колонкового бурения: твердосплавное и атмазное.

Твердосплавное бурение целесообразно применять при бурении мягких и средней твердости пород до VIII категории по буримости. Алмазное бурение применяют при бурении твердых и крепких пород от VI до XII категорий по буримости.

Для повышения производительности при алмазном бурении рекомендуется применять снаряды со съемными керноприемниками (ССК). Возможность извлечения керноприемника без подъема колонны бурильных труб позволяет, кроме увеличения выхода керна, значительно сократить затраты времени на непроизводительные спуско-подъемные операции. Однако, из-за высокой стоимости снаряда ССК его применение целесообразно при глубине скважины 500 м и более.

При ударно-вращательном бурении между колонковым набором и низом колонны бурильных труб устанавливается ударный механизм, в результате чего на породоразрушающий инструмент кроме осевого усилия и крутящего момента передаются ударные импульсы. Это способствует повышению скорости бурения (особенно в хрупких породах), повышению выхода керна и стабилизации направления скважин. В качестве ударных механизмов используются гидроударники и пневмоударники.

Гидроударное бурение рекомендуется применять при бурении скважин глубиной до 1000 м. Из-за увеличенного расхода промывочной жидкости гидроударное бурение целесообразно применять при отсутствии поглощения промывочной жидкости, т.е. в монолитных нетрещиноватых породах

Пневмоударное бурение применяется при бурении скважин глубиной до 100-250 м в пустынных регионах, где затруднен подвоз воды, в районах распространения вечномерзлых пород, в условиях активного поглощения промывочной жидкости и при пересечении скважин с горными выработками.

При сооружении скважины можно чередовать различные способы бурения, например, твердосплавное и алмазное, колонковое и бескерновое, вращательное и вращательно-ударное.

2. ПОСТРОЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ

Конструкция – характеристика буровой скважины, определяющая ее глубину и направление, диаметр на различных интервалах глубины, количество, диаметр и глубину спуска обсадных колонн.

Исходными данными для построения проектной конструкции разведочной скважины являются: глубина и угол залегания полезного ископаемого, физико-механические свойства и горно-геологические условия залегания пород, выбранный способ бурения.

Глубина скважины приведена в контрольном задании, угол наклона скважины принимается равным 90° .

Определение диаметров скважины на различных интервалах глубины производится снизу вверх, начиная с определения диаметра последнего интервала скважины (конечный диаметр бурения) При бурении разведочных скважин на твердые полезные ископаемые конечный диаметр бурения определяется представительностью керновой пробы и размерами скважинного геофизического оборудования.

Минимально допустимый диаметр керна, который удовлетворяет требованиям качественного опробования продуктивного пласта, зависит от степени изменчивости залегания пласта полезного ископаемого. В табл. 1 приведены величины минимально допустимых диаметров керна и, соответственно, диаметров скважин для различных генетических типов месторождений и главнейших промышленных типов руд. При составлении таблицы исходили из предпосылки, что керн не разрушается в процессе бурения. На самом деле горные породы, слагающие пласты, очень часто находятся в нарушенном состоянии (различной степени трещиноватые, а зачастую раздробленные), что затрудняет получение необходимого содержания пробы при проходке данного интервала. Для повышения выхода керна при бурении таких пород необходимо применять специальные снаряды, имеющие больший диаметр, чем обычные снаряды, предназначенные для получения заданного размера кернового материала.

Таблица 1

Генетические типы месторождений и главнейшие промышленные типы руд	Минимально допустимый диаметр керна мм	Диаметр скважины мм
Магматические месторождения		
Хромитовые	22	36
Титаномагнетитовые	32	46
Медно-никелевые	32-42	46-59
Редкометалльные	32	59-76
Пегматитовые месторождения		
Редкометалльные	42-60	59-76
Контактово-метасоматические (скарновые) месторождения		
Железные	32	46
Молибдено-вольфрамовые	32-60	46-76
Медные	32	46
Руды других металлов (Au, Pb, Zn)	32	46
Гидротермальные месторождения		
Меднопорфировые	42	59
Колчеданные	32	46
Медистые песчаники	22	36
Сидеритовые	22	36
Вольфрамо-молибденовые	32-60	46-76
Отлованные	32-42	46-59
Свинцово-цинковые	32-42	46-59
Сурьмяно-ртутные и мышьяковые	60	76
Золотые	22-32	36-46
Урано-ванадиевые	22	36
Осадочные месторождения		
Силикатно-никелевые	22-42	36-59
Золотоносные «шляпы»	32	46
Бокситы	32-42	46-59
Метаморфогенные месторождения		
Железистые кварциты	32	46
Золотоносные конгломераты с ураном	32	46

В практике разведочного бурения на рудные полезные ископаемые получение представительных проб обеспечивается при применении следующих минимальных размеров породоразрушающих инструментов

при бурении алмазными коронками – 46-59 мм

при бурении твердосплавными коронками – 59-76 мм

Коронки большего диаметра рекомендуется применять при бурении трещиноватых пород. При бурении по нерудным полезным ископаемым минимальный диаметр бурения 93 мм

При разведке угольных месторождений в зависимости от типа углей рекомендуются следующие диаметры бурения: по мягким углям – 93 мм, по средним – 76 мм, по плотным – 59 и 76 мм с учетом применения специальных снарядов для получения представительного керна

При выборе конечного диаметра бурения необходимо также учитывать размеры скважинной аппаратуры для проведения различных исследований (геофизические исследования, инклинометрия, кернометрия и др.). Минимально допустимые диаметры скважин в зависимости от габаритных размеров применяемой аппаратуры приведены в табл. 2

Таблица 2

Виды исследований	Наружный диаметр скважинного прибора, мм	Номинальный диаметр скважины, мм
Радиометрические исследования (ГК, ГГК, ННК, НГК и др.)	28-60	36-76
Магнитометрия	36-40	46
Термокаротаж	36	46
Резистивиметрия	60	76
Инклинометрия	28-70	36-76
Кавернометрия	60-70	76
Радиопросвечивание	36-48	46-59
Амплитудно-фазовые измерения	36-48	46-59
Кернометрия	57-73	59-76

После определения конечного диаметра бурения необходимо наметить участки требующие закрепления стенок скважины обсадными трубами, выбрать размеры и наметить глубины спуска обсадных колонн

Обсадные трубы применяют для крепления устья скважины, предохранения его от размывания, отвода промывочной жидкости в желоба (первая обсадная колонна называется направляющей), для разобщения водоносных горизонтов, закрепления неустойчивых пород и изоляции интервалов, где возможна утечка промывочной жидкости (вторая обсадная колонна называется кондуктором, все следующие – техническими колоннами)

Нижний конец (башмак) обсадной колонны должен на 5–10 м находится ниже интервала пород, требующих крепления

Обсадные трубы в колонну могут соединяться посредством ниппелей или «труба в трубу» Безниппельное соединение труб менее прочное, поэтому применяется для соединения труб диаметром не более 89 мм. Краткая техническая характеристика обсадных труб приведена в табл 3

Таблица 3

Параметры	Показатели ГОСТ 6238-77							
Наружный диаметр труб, мм	33,5	44	57	73	89	108	127	146
Толщина стенки трубы, мм	3,0	3,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Внутренний диаметр труб, мм	27,5	37	48	63	79	98	117	136
Внутренний диаметр ниппеля, мм	24,5	34	46	62	78	95,5	114,5	134
Длина труб, м	1,5-3,0		1,5-4,5			1,5-6,0		
Масса 1 м гладкой трубы	2,26	3,5	5,83	8,38	10,4	12,7	15,0	17,4

Обсадная колонна выбирается таким образом, чтобы внутренний диаметр ниппелей обсадных труб был больше диаметра расположенного ниже интервала скважины

Диаметр интервала скважины, в который опускается обсадная колонна, должен быть на 2–5 мм больше наружного диаметра обсадной колонны. В слабосвязанных, неустойчивых, склонных к вспучиванию породах разница диаметров должна составлять 10–20 мм

Пример Построить проектную конструкцию скважины для условий бурения, приведенных в табл.4 Рудная зона представлена радиоактивными элементами В интервале 180-500 м предусматривается взятие ориентированного керна для изучения элементов залегания пород, а также проведение геофизических исследований и инклинометрии по всей глубине скважины

Решение. Бурение в интервале 0-600 м предполагается вести с применением твердосплавных коронок, а в интервале 600-700 м с применением алмазных коронок, что предопределено буримостью горных пород на этих интервалах В связи с тем, что угол падения пласта полезного ископаемого более 30° , скважины должны быть наклонными

Конечный диаметр бурения для обеспечения необходимой представительности керна по данным табл.1 можно принять равным 36 мм Так как рудная зона представлена раздробленными породами, при бурении которых для повышения выхода керна потребуются применение специальных технических средств, диаметр бурения должен быть увеличен

Учитывая трещиноватость горных пород, слагающих рудную зону, диаметр бурения должен быть не менее 59 мм, что обеспечит необходимое количество кернового материала для проведения опробования Для взятия ориентированного керна (кернометрия) применяем приборы, называемые керноскопами, диаметр которых равен 57 мм (см табл.2), что соответствует выбранному конечному диаметру

Диаметр приборов, применяемых для проведения инклинометрии и других геофизических исследований в буровых скважинах, не превышает 50 мм (см табл.2) Таким образом, окончательно принимаем конечный диаметр бурения равным 59 мм.

Для закрепления устья скважины, предохранения его от размыва, отвода промывочной жидкости в желоба и задания направления скважины в интервале 0-4 м необходимо установить направляющую Пространство между направляющей и стенками скважины необходимо зацементировать

В интервале от 0 до 62 м залегают глинистые породы склонные к набуханию и обрушению Их необходимо перекрыть обсадной колонной (кондуктором). Башмак кондуктора должен быть зацементирован

Глубина бурения под кондуктор должна превышать 62 м, с таким расчетом, чтобы обсадные трубы были посажены в твердые монолитные породы. Принимаем ее равной 65 м.

Диаметры обсадных колонн и интервалов скважины определяем в направлении снизу вверх. Внутренний диаметр ниппелей кондуктора должен быть больше 59 мм (конечный диаметр скважины). Из табл.3 выбираем обсадные трубы диаметром 73 мм (внутренний диаметр ниппеля 62 мм).

Для гарантированного спуска кондуктора в набухающих породах проектируем бурение интервала скважины от 4 до 65 м породоразрушающим инструментом диаметром 93 мм (см. табл.6).

Внутренний диаметр ниппелей направляющей обсадной трубы должен быть больше 93 мм. Выбираем обсадные трубы диаметром 108 мм (табл. 3)

Бурение скважины в интервале от 0 до 4 м необходимо вести породоразрушающим инструментом диаметром не менее 132 мм (табл.6)

При бурении поисково-разведочных скважин в неизученных геологических условиях необходимо предусмотреть резервный диаметр 76 мм. Породоразрушающим инструментом этого диаметра можно разбуривать ствол в случае осложнений. Тогда размер обсадных колонн будет соответственно 89 81 мм и 146/134 мм. Диаметр бурения под эти колонны соответственно 112 и 151 мм.

Проектная конструкция скважины приведена в табл. 4

Во всех случаях необходимо стремиться к выбору наиболее простой конструкции скважин с применением минимального количества колонн обсадных труб Это облегчает бурение скважин, сокращает набор инструментов, расход обсадных труб и снижает стоимость работ Простая конструкция скважины обеспечивает возможность применения высоких частот вращения бурового инструмента

Таблица 4

Номер слоя	Интервал, м			Наименование пород	Категория пород по буримости	Конструкция скважины
	от	до	всего			
1	0	3	3	Супесь	II	<p>Diagram of wellbore construction showing diameters and depths for different geological layers:</p> <ul style="list-style-type: none"> Layer 1 (0-3 m): Diameters $\varnothing 132$ and $\varnothing 108$ Layer 2 (3-40 m): Diameter $\varnothing 93$ Layer 3 (40-62 m): Diameter $\varnothing 73$ Layer 4 (62-180 m): Diameter $\varnothing 73$ Layer 5 (180-600 m): Diameter $\varnothing 73$ Layer 6 (600-670 m): Diameter $\varnothing 73$ Layer 7 (670-700 m): Diameter $\varnothing 73$
2	3	40	37	Глина плотная	III	
3	40	62	12	Глина пучащая	II - III	
4	62	180	118	Алевролит	V - VI	
5	180	600	420	Переслаивание аргиллитов, алевролитов и песчаников	VI - VIII	
6	600	670	70	Пегматит трещиноватый (редкометалльная рудная зона)	VII - XI	
7	670	700	30	Фельзит	X - XI	

700 м —

3. ВЫБОР БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Бурение разведочных скважин производится установками в состав которых входят буровой станок, насос и их привод (электродвигатели или двигатели внутреннего сгорания) буровая вышка или мачта, транспортная база, буровое здание, система очистки промывочной жидкости, КИП

Выбор бурового оборудования определяется проектной конструкцией скважины, способом бурения, параметрами бурового инструмента, а также требованиями к транспортабельности буровой установки

Для вращательного бурения колонковым способом применяются станки со шпиндельными или подвижными вращателями, оборудованные гидравлическим механизмом подачи, что позволяет создавать необходимую осевую нагрузку на забой при любой глубине и направлении скважины. Основные параметры буровых установок, серийно выпускающихся в России, приведены в табл 5

На основании проектной глубины скважины, выбранного конечного диаметра и способа бурения производится выбор буровой установки и оборудования, входящего в ее состав

Пример Выбрать буровое оборудование для условий бурения, приведенных в табл 4

Учитывая глубину и диаметр бурения, а также угол наклона скважин, выбираем буровой станок СКБ-5. Он предназначен для бурения геологоразведочных скважин алмазными коронками диаметром 59 мм на глубину до 800 м. Буровой станок СКБ-5 имеет высокие скорости вращения шпинделя, что особенно важно при бурении алмазными коронками. Он оснащен необходимой контрольно-измерительной аппаратурой.

В качестве привода может быть использован электродвигатель мощностью 30 кВт или дизель. В комплект буровой установки входит мачта БМТ-5, буровой насос НБ-120-40.

Далее следует привести краткую характеристику выбранного бурового оборудования.

Таблица 5

Параметры	Класс установок							
	УКБ-1	УКБ-2	УКБ-3	УКБ-4	УКБ-5	УКБ-7	УКБ-8	
Глубина бурения, м	12,5	50	200	300	500	1200	2000	
- при твердосплавном бурении	2,5	100	300	500	800	2000	3000	
Грузоподъемность на крюке, кН	1,25	6,3	20,0	32,0	50,0	125,0	200,0	
- номинальная	2,0	10,0	32,0	50,0	80,0	200,0	320,0	
- максимальная								
Диаметр скважины, мм	93	93	132	151	151	214	295	
- начальный								
- конечный при твердосплавном бурении	76	59	93	93	93	93	93	
- конечный при алмазном бурении	36	46	59	59	59	59	59	
Мощность привода, кВт	2,9	11,0	15,0	22,0	30,0	70,0	75,0	
Частота вращения бурового вала, мин	100-1200	60-1600	100-1500	155-1615	120-1500	0-1500	60-1200	
Угол наклона вращателя	40-90	0-360	70-90	60-90	70-90	75-90	90	
Марка бурового насоса	УКБ-12/25	УПБ-100 БСК-100	СКБ-3	СКБ-4	СКБ-5	СКБ-7		
					ЗИФ-650М	ЗИФ-120МР		
Марка насоса	НБ-1	НБ-2	НБ-3	НБ-3	НБ-3	НБ-4	НБ-32	
Марка вышки или мачты	-	-	МР-6	БМТ-4А	БМТ-5	БМТ-7		
				МРУГУ-2	МРУГУ-18/20			

4. ВЫБОР БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Буровой инструмент для бурения скважин подразделяется на технологический, вспомогательный и аварийный. Технологический инструмент является основным инструментом для бурения скважин. Вспомогательный инструмент предназначен для обслуживания технологического инструмента, аварийный инструмент предназначен для ликвидации аварий при бурении.

4.1. Выбор технологического инструмента

К технологическому инструменту относятся буровой снаряд и буровой сальник. В состав бурового снаряда для колонкового бурения входят: колонковый набор, колонна бурильных труб и ведущая труба. В состав бурового снаряда для бескернового бурения входит породоразрушающий инструмент, переходник, колонна бурильных труб и ведущая труба.

Для колонкового бурения в монолитных и слаботрешиноватых породах, где плановый выход керна достигается без использования специальных технических средств, применяются одинарные колонковые наборы. Одинарный колонковый набор состоит из породоразрушающего инструмента, кернорвателя, колонковой трубы, переходника, иногда в состав колонкового набора включается шламовая труба. При алмазном бурении в состав колонкового набора рекомендуют включать алмазный расширитель. Колонковые наборы для бурения в сложных геологических условиях рассмотрены в разд. 5.3

Выбор породоразрушающего инструмента для колонкового бурения.

В качестве породоразрушающего инструмента для колонкового бурения применяют твердосплавные и алмазные коронки. Твердосплавные коронки используют для бурения мягких и средней твердости пород I-VIII и частично IX категорий по буримости (при отсутствии кварца). Алмазные коронки используются при бурении твердых и крепких пород VI – XII категории по буримости. Размеры стандартных коронок для одинарных колонковых наборов приведены в табл.6

Таблица 6

Наружный диаметр коронки, мм	Внутренний диаметр коронок, мм		
	Твердосплавные коронки		Алмазные коронки
	типа М	типа СМ, СТ, СА	
26	–	–	14*
36	–	21*	22*
46	–	31	31
59	–	44	42
76	–	59	59
93	57	75	73
112	73	94	92*
132	92	114	–
151	112	133	–

* – выпускаются малыми партиями, применяются редко

Для бурения мягких пород I-IV категорий по буримости применяют ребристые коронки типа М, изготавливаемые в двух модификациях. М5 и М6. Коронки модификации М5 предназначены для бурения мягких однородных пород I-IV категорий по буримости; М6 – для бурения мягких неоднородных по строению пород, II-IV категорий по буримости, перемежающихся по твердости с включениями щебенчато-галечных отложений V-VI категорий.

Для бурения малоабразивных пород средней твердости IV-VII категорий по буримости применяются коронки типа СМ и СТ. СМ4 для бурения монолитных и перемежающихся горных пород V-VI категорий и частично VII категории по буримости; СМ6 для бурения монолитных и трещиноватых горных пород VI-VII категорий по буримости; СТ2 для бурения малоабразивных трещиноватых и перемежающихся горных пород с твердыми включениями IV-VI категорий по буримости

Для бурения абразивных пород средней твердости применяются твердосплавные коронки типа СА. СА4 для бурения монолитных и слаботрещиноватых горных пород VI-VIII и частично IX категорий по

буримости. СА5 и СА6 для бурения монолитных и перемежающихся горных пород VI-VIII и частично IX категорий

Твердосплавные коронки для бурения гидроударными и пневмоударными машинами выпускаются серийно и отличаются от обычных твердосплавных коронок. Для гидроударного бурения выпускаются коронки типа КГ диаметром 59-115 мм, для пневмоударного бурения – коронки типа КП, КПД, КПС диаметром 96-153 мм.

Для бурения пород VIII-XII категорий по буримости целесообразно применять алмазные коронки. Их выпускает однослойными и импрегнированными. Однослойные коронки армирует наиболее крупными алмазами от 2-5 до 40-60 шт./кар. и используют для бурения пород VIII-X категорий. Импрегнированные коронки армированы объемными алмазами зернистостью 90-600 шт./кар и подрезными зернистостью 30-60 шт./кар. Их используют для бурения пород IX-XII категорий.

Характеристика алмазной коронки отражена в маркировке, например, 01А3, 02И4, 16А3

01 (0,2 ... и т.д.) – порядковый номер конструкции коронки, характеризует форму торца матрицы:

А (И) – тип коронки – однослойная (импрегнированная);

3 (4, 5) – твердость матрицы (3 – нормальная для бурения в плотных монолитных мало- и среднеабразивных породах; 4 – твердая для бурения в среднеабразивных и абразивных, плотных, монолитных, а также трещиноватых породах; 5 – очень твердая для бурения в очень твердых трещиноватых, весьма абразивных породах).

В практике геологоразведочного бурения наиболее широко применяются следующие типы алмазных коронок: однослойные – 01А3, 01А4, 04А3, 07А3, 14А3, 15А3, 16А3 для бурения горных пород VII-XI категорий по буримости; импрегнированные – 02И3, 02И4, 03И5, которые используются для бурения соответственно малоабразивных, абразивных и сильно абразивных горных пород IX-XII категорий по буримости. Коронки

01АЗСВ, 01А4СВ, 02ИЗСВ, 02И4СВ, 15АЗСВ армируются синтетическими алмазами

Выбор породоразрушающего инструмента для бескернового бурения. § 2

В качестве породоразрушающего инструмента при бескерновом бурении применяются различные типы долот – лопастные, шарошечные и алмазные. Выбор типа долота зависит от физико-механических свойств горных пород. Диаметр долот, применяющихся при геологоразведочном бурении, соответствует диаметру коронок, приведенному в табл.6, что позволяет чередовать колонковый и бескерновый способ при бурении скважины.

Лопастные долота применяют в мягких породах I-IV категорий по буримости. Лопастные долота (двух или трехлопастные) выпускается диаметром 76 ÷ 151 мм.

Шарошечные долота (двух- и трехшарошечные) при бурении геологоразведочных скважин используют для проходки мягких, средней твердости, твердых и очень твердых пород. Наиболее широко применяют следующие типы шарошечных долот: М – по мягким породам I-IV категорий по буримости; С – по породам средней крепости IV-VII категорий по буримости; Т – по твердым породам VII-IX категорий по буримости; К и ОК (штыревые) – для бурения крепких и очень крепких пород IX-XI категорий

Кроме перечисленных для бурения перемежающихся пород применяют следующие типы долот: КС – для бурения мягких пород с включением пород средней твердости IV-V категорий по буримости. СТ – для бурения пород средней твердости с включениями твердых пород VI-IX категорий по буримости, ТК – для бурения твердых пород с включениями очень твердых (крепких) пород IX-XI категорий по буримости.

Алмазные долота предназначены для проходки небольших интервалов скважин без отбора керна при направленном и многосвальном бурении в твердых и очень твердых породах VIII-XI категорий по буримости. Они бывает однослойными 06АЗ, 09АЗ и импрегнированными типа 08ИЗ. Диаметры долот 46 - 76 мм

Выбор элементов колонкового набора

Кроме породоразрушающего инструмента в состав колонкового набора входят кернорватели, алмазные расширители, колонковые трубы, переходники, шламовые трубы.

Кернорватели предназначены для отрыва и удержания керна при подъеме колонкового набора из скважины и устанавливаются между коронкой и колонковой трубой. При алмазном бурении для калибровки стенок скважины, повышения износостойкости алмазных коронок и стабилизации работы бурового снаряда применяются алмазные расширители. Алмазный расширитель выполняет также роль кернорвателя.

Колонковые трубы, входящие в состав одинарных колонковых наборов, выпускается по тому же стандарту, что и обсадные трубы ниппельного соединения (см. табл.3) В табл.7 приведены диаметры колонковых труб в зависимости от диаметра и типа коронок.

Таблица 7

Наружный диаметр коронок	Диаметр колонковых труб, мм	
	Алмазные коронки, твердосплавные коронки типа СМ, СТ, СА	Твердосплавные коронки типа М
36	33,5	—
46	44	—
59	57	—
76	73	—
93	89	73
112	108	89
132	127	108
151	146	127

Переходник служит для соединения колонкового набора с колонной бурильных труб.

Состав колонкового набора выбирается для каждого интервала бурения скважины.

Выбор бурильных труб

При геологоразведочном бурении используются следующие типы бурильных труб (краткая характеристика их приведена в табл.8) стальные бурильные трубы муфтово-замкового соединения СБТМ, стальные бурильные трубы ниппельного соединения СБТН; легкосплавные бурильные трубы ниппельного соединения ЛБТН; утяжеленные бурильные трубы УБТ

Таблица 8

Обозначение трубы	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр замков или муфт, мм	Длина одной трубы	Масса 1 м трубы с соедине- ниями, кг
Стальные бурильные трубы муфтово-замкового соединения					
СБТМ-42	42	5,0	57	1,5-4,5	5,2
СБТМ-50	50	5,5	65	1,5-4,5	6,9
СБТМ-63.5	63.5	6,0	83	3,0-6,0	10,3
Стальные бурильные трубы ниппельного соединения					
СБТН-42	42	5,0	42Ю5	1,5-4,5	4,62
СБТН-54	54	5,0	54,5	1,5-4,5	6,26
СБТН-68	68	5,0	68,5	1,5-6,0	8,31
Легкосплавные бурильные трубы ниппельного соединения					
ЛБТН-34	34	6,5	34	3,0	2,3
ЛБТН-42	42	7,0	42	4,7	2,5
ЛБТН-54	54	9,0	54	4,7	4,4
ЛБТН-68	68	9,0	68	4,7	5,8
Утяжеленные бурильные трубы					
УБТ-Р-73	73	19,0	73	4,5	25,3
УБТ-РПУ-89	89	22,0	89	4,62	36,1

Выбор бурильных труб зависит от конструкции скважины, конечного диаметра и способа бурения

Стальные бурильные трубы муфтово-замкового соединения применяются при бескерновом, твердосплавном и ударно-вращательном бурении. Ориентировочное значение диаметра бурильных труб можно определить из соотношения:

$$d_{БТ} = 0,6 D_{СКВ},$$

где $d_{БТ}$ - диаметр бурильных труб; $D_{СКВ}$ - диаметр скважины.

Для высокооборотного алмазного бурения используются бурильные трубы ниппельного соединения из стали и легких сплавов. Диаметр труб можно ориентировочно определить из соотношения:

$$d_{БТ} = 0,9 D_{СКВ}.$$

При выборе бурильных труб необходимо учитывать, что легкосплавные бурильные трубы ниппельного соединения нельзя использовать в скважинах, имеющих ступенчатую конструкцию.

Стальные толстостенные (утяжеленные) бурильные трубы, включаемые в нижнюю часть бурильной колонны, служат для создания необходимой осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент, улучшения условий работы бурильной колонны, уменьшения искривления скважин. Применяется, в основном, при бескерновом бурении. Длина колонны УБТ определяется в зависимости от осевой нагрузки:

$$L_{УБТ} = \frac{1,25 P_{ОС}}{q_{УБТ} (1 - \rho_{ж} / \rho_{ст}) \cos \theta_{СР}},$$

где $L_{УБТ}$ - длина УБТ, м; $P_{ОС}$ - осевая нагрузка, м; $q_{УБТ}$ - вес 1 м УБТ, н.м; $\rho_{ж}$ - плотность очистного агента, $кг/м^3$; $\rho_{ст}$ - плотность материала труб, $кг/м^3$. $\theta_{СР}$ - средний зенитный угол, град

Буровой сальник выбирается в зависимости от глубины скважины. При бурении используется сальники типа СА и вертлюг-сальник типа ВС 12.5 20 при бурении с разгрузкой

4.2. Выбор вспомогательного и аварийного инструмента

Для сборки и разборки технологического инструмента применяются следующие разновидности вспомогательного инструмента

- 1) ключи короночные;
- 2) ключи шарнирные для обсадных и колонковых труб;
- 3) ключи шарнирные для бурильных труб;
- 4) вилки подкладные;
- 5) хомуты шарнирные;
- 6) специальные опоры для сборки колонковых наборов;
- 7) труборазвороты типа РТ-1200 для свинчивания-развинчивания бурильных свечей.

Для обеспечения спуско-подъемных операций применяются следующие виды вспомогательного инструмента:

- 1) элеваторы с кольцевым фиксатором для осуществления спуско-подъемных операций при небольшой глубине и работе «на вынос»,
- 2) полуавтоматические элеваторы типа МЗ 50-80-2, ЭН2-20 в комплекте с наголовниками стержневого типа, элеваторы Урал-2, Урал-12, Э18/50 при использовании бурильных труб с кольцевыми проточками в муфте замка.

Необходимо подобрать вспомогательный инструмент, необходимый для обеспечения процесса бурения скважины.

Аварийный инструмент, предназначенный для ликвидации аварий в процессе бурения, подразделяется на ловильный, режущий и силовой.

Для извлечения из скважины элементов бурильной колонны применяются следующие виды ловильного инструмента: метчики, колокола, трубоволки, ловушки секторов матриц, магнитные ловители. Для обработки места обрыва бурильных труб и разрушения оставленных в скважине элементов колонкового набора применяется режущий инструмент: фрезеры и труборезы. Для извлечения из скважины прихваченного или заваленного инструмента применяется силовой инструмент: домкраты и вибраторы.

5. ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

5.1. Выбор очистного агента

Для очистки забоя скважины от выбуренной породы (шлама), охлаждения породоразрушающего инструмента, привода забойных механизмов и закрепления неустойчивых стенок скважины применяют различные очистные агенты. Они способствуют также предотвращению, а в некоторых случаях и ликвидации осложнений в скважинах в процессе бурения. Для промывки скважин применяют жидкости: техническую воду, глинистые растворы, различные специальные растворы (эмульсионные, аэрированные и др.) и сжатый воздух. Для продувки скважин применяют сжатый воздух.

Техническая вода – самый дешевый вид промывочной жидкости. Ее можно применять при бурении устойчивых пород с хорошим выходом керна.

Глинистые растворы применяют при бурении рыхлых, трещиноватых и неустойчивых пород, склонных к обвалам и поглощению промывочной жидкости. Растворы готовят на поверхности из местных глин или глинопорошков, а также непосредственно в скважине при разбуивании глинистых пород (естественные глинистые растворы).

Безглинистые растворы (известковые, кальциевые и др.) используют для бурения в карбонатных породах и в обводненных песчаных отложениях, а также для предотвращения обвалообразований при бурении скважин в глинистых породах.

Эмульсионные растворы получили широкое применение при алмазном бурении. Их использование способствует: снижению вибрации бурильной колонны; уменьшению самозаклиниваний керна; снижению затрат мощности при бурении, повышению механической скорости бурения за счет более высоких оборотов бурового инструмента. Основой для приготовления этих эмульсионных растворов в настоящее время являются следующие поверхностно-активные вещества: ЭЛ-4, ЭН-4, Ленол-10 и др.

Полимерные промывочные жидкости позволяют снизить потери промывочной жидкости при бурении в пористых и трещиноватых породах, улучшают качество вскрытия водоносных горизонтов. Полимерные промывочные жидкости представляют собой растворы водорастворимых полимеров: полиакрилонитрила (гипана, К-4, К-9), полиакрилоамида, карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и др.

Солевые растворы применяют при бурении растворимых солей и многолетнемерзлых пород. При проходке соляных толщ необходимо, чтобы химический состав разбуриваемых пород и солевого раствора был одинаковым. При бурении мерзлых пород рекомендуется применять охлажденный водный раствор.

Сжатый воздух используют при бурении многолетнемерзлых и необводненных пород, а также в безводных районах; его подают в скважину с помощью компрессоров.

При бурении скважин со сложным геологическим разрезом могут оказаться эффективными несколько видов очистных агентов.

5.2. Выбор параметров режима бурения

Под параметрами режима вращательного бурения с промывкой (продувкой) подразумевают осевую нагрузку на породоразрушающий инструмент, частоту его вращения и расход очистного агента. Технико-экономические показатели бурения зависят от правильного выбора совокупности технологических параметров. Параметры режима бурения рассчитываются в зависимости от типа бурения (алмазного, твердосплавного, бескернового) и устанавливаются согласно технической характеристике бурового станка и насоса.

Осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент определяется по формуле, кН

где p – удельная нагрузка, кН/м, D – диаметр породоразрушающего инструмента, м

Рекомендуемые значения удельной осевой нагрузки в зависимости от типа породоразрушающего инструмента и категории горных пород по буримости приведены в табл 9

Таблица 9

Тип породоразрушающего инструмента	Удельная нагрузка, кН/м			
	Категория пород по буримости			
	I-IV	V-VII	VIII-X	XI-XII
Твердосплавные коронки. ребристые резцовые самозатачивающиеся	60-100			
		60-100		
		70-120	100-200	
Алмазные коронки однослойные импрегнированные			80-160	
			150-250	250-300
Лопастные долота	50-100			
Шарошечные долота	100-200	200-300	300-500	500-900

Минимальные осевые нагрузки применяются при бурении менее крепких пород, максимальные – при бурении более крепких. При бурении сильнотрещиноватых пород рекомендуется снижать осевую нагрузку на долото на 30 ÷ 40%

Частота вращения породоразрушающего инструмента определяется по формуле, об/мин

$$n = \frac{60V}{\pi D},$$

где D – наружный диаметр, м, V – окружная скорость, м/с

Рекомендуемые значения окружной скорости для различных типов породоразрушающего инструмента приведены в табл 10

Таблица 10

Тип породоразрушающего инструмента	Окружная скорость м/с			
	Категория пород по буримости			
	I-IV	V-VII	VIII-X	XI-XII
Твердосплавные коронки				
ребристые	1,0-1,5			
резцовые		0,8-1,6		
самозатачивающиеся		0,6-1,5		
Алмазные коронки				
однослойные		1,5-3,0	1,0-2,0	
импрегнированные			2,5-5,0	2,0-3,0
Лопастные долота	0,8-1,6			
Шарошечные долота	0,8-1,4	1,0-1,4	0,6-1,0	0,5-0,6

Частоту вращения снижают в следующих случаях в сильно трещиноватых, раздробленных породах из-за повышенного износа коронок и разрушения керна, при бурении перемежающихся пород, при увеличении глубины скважины и увеличении затрат мощности на холостое вращение колонны бурильных труб, при бурении наклонных и сильно искривляющихся скважин, для повышения выхода керна

Расход промывочной жидкости, подаваемой на забой при колонковом бурении, производится с учетом следующих двух условий очистки скважины от шлама

1 Из условий эффективной очистки забоя скважины от шлама и охлаждения породоразрушающего инструмента по формуле, л/мин

$$Q = KD,$$

где D – наружный диаметр коронки, м. K – удельный расход промывочной жидкости, л/мин на 1 м диаметра коронки

Удельный расход жидкости K в зависимости от свойств пород и способа бурения можно определить по данным табл. 11

Таблица 11

Тип коронки	Удельный расход, л/мин м			
	Категория пород по буримости			
	I-IV	V-VII	VIII-X	XI-XII
Твердосплавные коронки:				
ребристые	1000-1500			
резцовые		800-1200		
самозатачивающиеся		600-800		
Алмазные коронки			600-900	400-500

При бурении в трещиноватых породах расход промывочной жидкости увеличивается на 50%

2. Из условий очистки ствола скважины от шлама и выноса разрушенной породы с забоя на поверхность необходимое количество промывочной жидкости определяется по формуле, л/мин

$$Q = 47000 (D_{\text{СКВ}}^2 - d_{\text{ТР}}^2) V_{\text{В}},$$

где $D_{\text{СКВ}}$ – диаметр скважины, м. $d_{\text{ТР}}$ – наружный диаметр бурильных труб, м, $V_{\text{В}}$ – скорость восходящего потока промывочной жидкости, м/с

По этой же формуле рассчитывается расход промывочной жидкости при бескерновом бурении

Для расчетов скорость восходящего потока может быть принята по данным табл. 12

Таблица 12

Вид породоразрушающего инструмента	Скорость восходящего потока при промывке, м/с	
	водой	глинистым раствором
Лопастные долота	0.8-1.0	0.6-0.8
Шарошечные долота	0.6-0.8	0.4-0.6
Твердосплавные коронки	0.3-0.6	0.2-0.5
Алмазные коронки	0.5-0.8	0.2-0.5

5.3. Мероприятия по повышению выхода керна

При бурении геологоразведочных скважин на твердые полезные ископаемые керн и шлам являются основными источниками информации

Для изучения геологического строения того или иного месторождения требуется получение кернового материала в необходимом количестве и нужного качества. В процессе бурения и извлечения керн разрушается, что снижает достоверность опробования полезного ископаемого.

Показатель полноты извлечения керновой пробы называется выход керна и определяется по формуле:

$$K = \frac{L_k}{h_{СКВ}} 100\%,$$

где L_k – длина керна, извлеченного за 1 рейс. м. $h_{СКВ}$ – длина рейса (интервал скважины, пробуренный от спуска до подъема колонкового набора).

На выход керна оказывает отрицательное воздействие ряд факторов.

Геологические факторы:

- разрушение и истирание мягких прослоев и участков;
- разрыхление или уплотнение пород,
- растворение или выщелачивание минералов;
- растепление мерзлых пород

Технические факторы.

- деформация и механическое разрушение керна
- размывание керна,
- уменьшение диаметра керна и его прочности

Технологические факторы:

- механическое разрушение керна за счет вибрации;
- растворение керна в промывочной жидкости.
- выпадение керна при расхаживании снаряда.
- потери керна при его подъеме

Для снижения отрицательного воздействия перечисленных факторов используются технологические мероприятия и технические средства повышения выхода керна.

Технологические мероприятия: применение обратной схемы промывки; снижение частоты вращения бурового снаряда; снижение расхода промывочной жидкости; бурение укороченными рейсами.

К техническим средствам повышения выхода керна относятся двойные колонковые наборы. краткая техническая характеристика которых приведена в табл 13.

Для бурения по монолитным и слаботрециноватым породам VII-XI кагегорий используются двойные колонковые наборы ТДН-У; для бурения по среднетрециноватым породам VII-IX категорий используются двойные колонковые наборы ТДН-УТ; для бурения трещиноватых пород VI-XI категорий используются двойные колонковые наборы ТДН-2; для бурения сильнотрециноватых и раздробленных пород VI-X категорий по буримости – двойные колонковые наборы ТДН-4, двойные колонковые наборы с обратной промывкой ТДН-5, снаряды с призабойной обратной циркуляцией, двойные эжекторные колонковые наборы ДЭС и одинарные эжекторные снаряды ОЭС; для бурения мягких пород I-IV категорий по буримости используются двойные колонковые наборы ДТА-2, Донбасс НИЛ I (II, III).

При разведке месторождений полезных ископаемых широко применяют способ бурения, при котором керн транспортируется на поверхность в восходящем потоке промывочной жидкости по келонне бурильных труб (комплекс КГК). Наиболее аффективно бурение с гидротранспортом керна применяется в породах I-IV категорий по буримости с пропластками более твердых пород VI-VII, иногда VIII и IX категорий по буримости.

К двойным колонковым наборам относятся снаряды со съемным керноприемником ССК и КССК. Возможность извлечения внутренней трубы без подъема труб позволяет кроме увеличения выхода керна значительно повысить производительность бурения

Таблица 13

Тип двойного колонкового снаряда	Тип коронки и расширителя	Диаметр коронки		Краткая характеристика пород
		наружн'	внутр.	
ТДН-46-У ТДН-59-У		46 59	34 45	Монолитные и слаботрещиноватые породы VIII-XII категорий
ТДН-46УТ ТДН-59УТ ТДН-76УТ	КУТ, КУТИ КУТВ, 18АЗ 19АЗГ, РУТ	46 59 76	31 42 58	Монолитные и среднетрешиноватые породы, неоднородные и перемежающиеся по твердости VII-XII категорий
ТДН-46-2 ТДН-59-2 ТДН-76-2	10АЗ, 11ИЗ РДТО	46 59 76	28 38 52	Неоднородные, трещиноватые и раздробленные породы
ТДН-59-0 ТДН-76-0 ТДН-93-0	КДТО РДТО	59 76 93	34 46 66	Трещиноватые, раздробленные и слабосвязанные породы VI-X категорий
ССК-46 ССК-59 ССК-76	К-90, Р-03 К-01, РСА КАСК, РАСК	46 59 76	24 35,4 48	Плотные среднетрещиноватые породы VI-X категорий
КССК-76	17А4, К-16 К-30, РЦК	76	40	Перемежающиеся по твердости, абразивные трещиноватые породы VI-XI категорий
ОЭС-57 ОЭС-73 ДЭС-73 ДЭС-89	ОЭИ, 16И4 16И4, ОЭИ ДЭА, ДЭИ ДЭА	59 76 76 93	39 56 47 59	Сильнотрещиноватые, раздробленные, сланцеватые, перемежающиеся по твердости и хрупкие породы V-XI категорий
ТДН-76-4	КДТ-4	76	46	Сильнотрещиноватые и размываемые хрупкие породы VI-IX категорий
Донбасс-НИЛ-I, II, III ДТА		76 93		Угольные пласты, неоднородные, перемежающиеся по твердости, слабосвязанные, трещиноватые породы
КГК-100 КГК-300	КГ-76МС КГ-84МС КГ-93М	76 84 93		Слабосвязанные и пластичные породы II-IV категорий с пропластками пород VIII-IX категорий

Комплексы технических средств ССК предназначены для бурения геологоразведочных скважин диаметром 46-76 мм глубиной до 1000-1200 м в монолитных, слаботрещиноватых и трещиноватых породах VII-X категории по буримости. Комплекс ССК рекомендуется использовать с буровыми станками с высокими частотами вращения шпинделя и с промывочными насосами, имеющими жесткое ступенчатое регулирование расхода промывочной жидкости.

Комплекс КССК предназначен для бурения скважин диаметром 76 мм в породах V-IX категорий по буримости. Применение КССК возможно до глубины 2000 м. Выбор оптимальных параметров режима бурения аналогичен выбору параметров при обычном алмазном бурении.

Значения выбранных параметров не должны превышать приведенных в табл.14.

Таблица 14

Параметры режимов бурения	ССК-46	ССК-59	ССК-76	КССК-76
Частота вращения, об/мин	2000	1600	1200	1000
Осевая нагрузка, кН, не более	12	17	22	25
Расход пром жидкости, л/мин	7	15	25	30
Максимальная глубина бурения, м	1000	1200	1200	2000

Промывочные насосы для бурения со снарядами ССК должны обеспечивать относительно высокое давление и небольшой расход промывочной жидкости. Система подачи промывочной жидкости должна быть жесткой, без сбрасывания излишнего количества ее в отводной рукав.

Для перебуривания угольных пластов используется в комплексе снаряда КССК съемный керноприемник «Конус» Для свинчивания и развинчивания бурильных труб снарядов ССК используются специальные гладкозахватные ключи.

5.4. Мероприятия по поддержанию заданного направления скважины

Полностью предупредить искривление скважин, происходящее под влиянием геологических и технологических причин, невозможно, так как эти причины действуют постоянно по всей длине ствола скважины, однако можно значительно снизить их влияние. Предупредительные меры борьбы с искривлением скважин должны быть направлены, в основном, на устранение причин технологического характера и на уменьшение степени влияния геологических причин.

Для снижения интенсивности естественного искривления скважин под воздействием геологических факторов применяются следующие способы.

1. Заложение скважин с оптимальными начальными углами с учетом конкретных геолого-структурных условий.

2. Применение специальных компоновок низа буровой колонны.

3. Использование рациональных параметров режима бурения, при которых интенсивность естественного искривления минимальна.

4. Применение породоразрушающего инструмента с плоской формой торца или специальных коронок с небольшим выходом режущих элементов за периметр инструмента и со слабой фрезерующей способностью.

5. Применение комбинированных или специальных способов бурения.

6. Применение отклонителей для направленного искривления ствола.

6. СОСТАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКОГО НАРЯДА (ГТН)

Геолого-технический наряд (ГТН) составляют на основании: проектной конструкции скважины; выбранного бурового оборудования и инструмента; разработанной технологии бурения; проведения необходимых специальных работ в скважине. Геолого-технический наряд является обязательным документом к исполнению буровыми бригадами. Его составляют на бурение каждой скважины и вывешивают в буровом здании для руководства и исполнения заданных в нем параметров. ГТН составляют геолог и

технический руководитель буровых работ ГРЭ или ГРП и подписывают его. Утверждает ГТН (главный инженер геологоразведочной экспедиции или партии). В геолого-техническом наряде должны быть предусмотрены и отражены проектные и фактические данные по всем позициям наряда. Фактические данные систематически записывают в наряд буровой мастер и геолог, по мере углубления скважины.

Форма геолого-технического наряда (за вычетом позиций, отражающих фактические результаты бурения) приведена в табл. 15.

7. Ликвидация скважин

После окончания бурения и проведения необходимых исследований каждая скважина должна быть закрыта (ликвидирована). Работа по ликвидации скважин предусматривает следующие цели: необходимо исключить обводнение продуктивных горизонтов пластовыми водами, что очень важно при последующей добыче полезных ископаемых, а также предотвратить смещение вод различных водоносных горизонтов. Последнее играет большую роль по охране от загрязнения многих водоносных горизонтов, если учесть, что во многих местах верхние водоносные горизонты уже являются загрязненными. При пересечении скважиной напорных водоносных горизонтов происходит самоизлив воды, а это приводит к большим тратам водных запасов.

Разрешение на закрытие скважины дает геолог партии или экспедиции. Основанием для закрытия скважины является выполнение поставленной задачи, а также возникновение тяжелых аварий и осложнений в скважине, вследствие чего дальнейшее ее бурение становится невозможным.

Перед закрытием скважины производят контрольный замер глубины, инклинометрию, каротаж, гидрогеологические исследования. В дальнейшем выполняют следующие работы: извлекают из скважины обсадные трубы, надежно перекрывают водоносные горизонты, ствол скважины заливают

Таблица 15

ПГО _____
 ГРЭ (ГРП) _____
 Проектная глубина скважины, м _____
 Угол наклона к горизонту, град _____
 Буровая установка (станок) _____
 Буровой насос _____
 Вышка (мачта) _____
 Труборазворот _____
 Элеватор (тип) _____
 Бурильные трубы _____
 Длина свечи, м _____

ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИЙ НАРЯД (ГТН)
 скважина № _____

Номер слоя	Геологическая часть		Техническая часть				Параметры			Примечания	
	Гео- личес- кая колон- ка	Мощность слоя	Характе- ристика горных пород	Катего- рия пород по бу- римости	Конст- рукция сква- жины	Тип, диаметр (мм) и длина колонко- вой трубы, м	осе- вая на- груз- ка, кН	расход промы- вочной жидкости	часто- та враще- ния, об/мин		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

густым глинистым раствором надежно перекрывают устье скважины путем прочной забивки деревянного столба или обсадной трубы с пробкой. Устанавливают опознавательный знак, на котором несмываемой краской отмечают номер и глубину скважины и наименование организации, проводившей бурение, дату начала и окончания бурения, наносят устье скважины на карту района работ с привязкой к существующей сети триангуляции, составляют акт о закрытии (ликвидации) скважины.

При закрытии скважины необходимо принять все меры к извлечению обсадных труб. Оставлять трубы в скважине можно только в случае необходимости (для перекрытия водоносных горизонтов, сохранения ствола и т.д.).

Методы и приемы перекрытия водоносных горизонтов разрабатываются на месте в зависимости от свойств пород и интенсивности водопроявлений.

К ликвидационному тампонажу предъявляют большие требования, так как это связано с охраной недр. Студенту необходимо выбрать наиболее эффективный способ изоляции водоносных и рудных горизонтов.

Список рекомендуемой литературы

- 1 Воздвиженский Б.И. и др «Разведочное бурение». М., Недра, 1979.
- 2 Володин Ю.И «Основы бурения» М., Недра, 1986
- 3 Козловский Е.А. и др «Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин», т. II М., Недра, 1964.
- 4 Сергиенко И.А., Зиненко В.П. Практикум по разведочному бурению. М МГРИ. 1984

Лицензия №020849 от 04.01.94г

- Подписано в печать 01.02.2000. Печ. л. 2,5. Тираж 100 экз
Редакционно-издательский отдел МГГА