

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Забайкальский государственный университет»  
ФГБОУ ВПО «ЗабГУ»

**Г.П. Сидорова**

**БУРЕНИЕ СКВАЖИН И ПРОВЕДЕНИЕ ГОРНЫХ  
ВЫРАБОТОК**

Учебное пособие

Чита  
ЗабГУ  
2013

УДК 550.8 (075.3)  
ББК 33я7:26.3я7  
ББК Д44я7  
С 347

Печатается по решению Ученого совета  
Забайкальского государственного университета

**Ответственный за выпуск**

**Верхотуров А.Г.** к. г-м н., доцент, зав. каф. ГГ и ИГ ЗабГУ

**Рецензенты:**

**Ю.М.Овешников**, д-р техн. н., член - корреспондент РАЕН, профессор,  
зав. кафедрой ОГР

**В.А. Овсейчук**, д-р техн. наук, профессор каф. ПРМПИ

С 347 **Бурение скважин и проведение горных выработок:** учебн. пособие./  
Г.П.Сидорова. – Чита: ЗабГУ, 2013. - 115 с.: ил.

В учебном пособии обобщены и систематизированы теоретические и практические сведения о методах бурения разведочных, инженерно-геологических и гидрогеологических скважин и по методам проходки горно-разведочных открытых и подземных горных выработок, выбору, обоснованию и расчету оборудования необходимого для проведения работ, и применения их в практических целях.

Пособие предназначено для студентов специальности: 130000 – Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых.  
ISBN

УДК 550.8 (075.3)  
ББК 33я7:26я7

ISBN

© ЗабГУ 2013

## Предисловие

Основными средствами поисков и разведки полезных ископаемых, инженерно-геологических и гидрогеологических работ, являются буровые работы. Буровые скважины позволяют иметь более точную информацию по геологическим, гидрогеологическим и инженерно-геологическим разрезам, отобрать образцы пород и воды и выполнить еще ряд важнейших технологических процессов по разведочным и изыскательским работам.

Горно-разведочные выработки являются неотъемлемой частью поисково-оценочных и геологоразведочных работ.

Настоящее учебное пособие соответствует программам и основным задачам освоения дисциплин «Буровые станки и бурение скважин» и «Горные машины и проведение горных выработок» для студентов специальности: 130000 – Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых.

Учебное пособие состоит из введения, двух глав и заключения.

Во введении дано общее понятие о буровых и горных работах и их значение для общего процесса геологоразведочных работ.

Первая глава посвящена буровым работам и изложена в соответствии с программой курса «Буровые станки и бурение скважин».

Даны основные понятия в области теории и практики по методам бурения разведочных, инженерно-геологических и гидрогеологических скважин, выбору, обоснованию и расчету оборудования необходимого для проведения работ, и применения их в практических целях.

Во второй главе охарактеризованы горно-разведочные работы. Материал изложен в соответствии с программой курса «Горные машины и проведение горных выработок ».

В данной главе представлены понятия о технологии и техники горно-разведочных работ; особенностей схем и способов проходки горных выработок.

В результате изучения представленных дисциплин студенты должны уметь выбирать эффективные технологии и средства производства, проектировать буровые и горно-разведочные работы, знать методы бурения скважин и проходки горно-разведочных открытых и подземных горных выработок.

## Введение

Разведочное бурение в комплексе геологоразведочных работ является ведущим как по объему и качеству геологической информации.

Месторождения угля, железных и марганцевых руд и многих цветных металлов разведываются с помощью буровых скважин практически без применения горно-разведочных работ.

Скважины являются практически единственным видом горных выработок, через которые добываются жидкие и газообразные полезные ископаемые.

Поэтому дальнейшее повышение экономической эффективности геологоразведочных работ связано с дальнейшим совершенствованием и широким применением прогрессивных способов бурения, с увеличением скоростей бурения, снижением металлоемкости скважин, энергоемкости бурового процесса, расхода материалов, совершенствования организации работ и т. п.

Становление геологии как одной из важнейших отраслей народного хозяйства неизменно связано с расширением и совершенствованием техники и технологии бурения и проходки горных выработок.

Совокупность работ, связанных с формированием горных выработок называется *проходкой*, а сами работы – *горными*.

Проходка горных выработок, искусственное образование в земной коре полостей путём выемки горных пород для вскрытия месторождения полезного ископаемого, транспортировки, вентиляции и т.д.

Этим целям служат шахтные стволы, штольни, квершлагги, горизонтальные и наклонные выработки (штреки, бремсберги, уклоны) и др.

Проходка горных выработок чаще всего осуществляется механизированным способом.

Бурение скважин и проходка горных выработок имеет существенное значение в комплексе геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований, так как только с их помощью можно изучить физико-механические свойства горных пород, а также качественный и количественный состав твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых.

## Глава 1. Бурение скважин

### 1.1 Основные сведения о бурении скважин

*Бурение* - процесс сооружения горной выработки цилиндрической формы - скважины, шпура или шахтного ствола - путём разрушения горных пород на забое. Бурение осуществляется, как правило, в земной коре, реже в искусственных материалах (бетоне, асфальте и др.). В ряде случаев процесс бурения включает крепление стенок скважин (как правило, глубоких) обсадными трубами с закачкой цементного раствора в кольцевой зазор между трубами и стенками скважин.

*Область применения бурения.* Поиски и разведка полезных ископаемых; изучение свойств горных пород; добыча жидких, газообразных и твёрдых полезных ископаемых через эксплуатационные скважины; производство взрывных работ; выемка твёрдых полезных ископаемых; искусственное закрепление горных пород (замораживание, битумизация, цементация и др.); осушение обводнённых месторождений полезных ископаемых и заболоченных районов; вскрытие месторождений; прокладка подземных коммуникаций; сооружение свайных фундаментов и др.

#### 1.1.1 Буровая скважина и ее элементы

*Скважина* — горная выработка круглого сечения, пробуренная с поверхности земли или с подземной выработки без доступа человека к забою под любым углом к горизонту, диаметр которой много меньше ее глубины. Основные элементы буровой скважины представлены на рис.1. *Устье скважины 1* – место пересечения буровой скважиной земной поверхности, дна акватории или элементов горной выработки при бурении в подземных условиях.



*Глубина скважины  $L_3$*  – расстояние между устьем и забоем скважины по ее оси.

*Диаметр скважины* – условный диаметр, равный номинальному диаметру породоразрушающего инструмента. Фактически диаметр скважины, как правило, больше номинального диаметра породоразрушающего инструмента за счет разработки скважины.

*Конструкция скважины* – под конструкцией скважины понимают ее характеристику, определяющую изменение диаметра ( $D_1, D_2, D_3$ ) с глубиной, а так же диаметры ( $d_{1Н}, d_{2Н}$ ) и длины ( $L_1, L_2$ ) обсадных колонн 3. Различают ствол скважины, не закрепленный трубами 5 и ствол скважины, закрепленный трубами 2.

Последующий диаметр скважины уменьшается после каждого закрепления. Каждая обсадная колонна выступает над устьем скважины, но может опускаться и «впотай». При необходимости пространство между стенками скважины и обсадными трубами заполняется цементом или засыпается гравием.

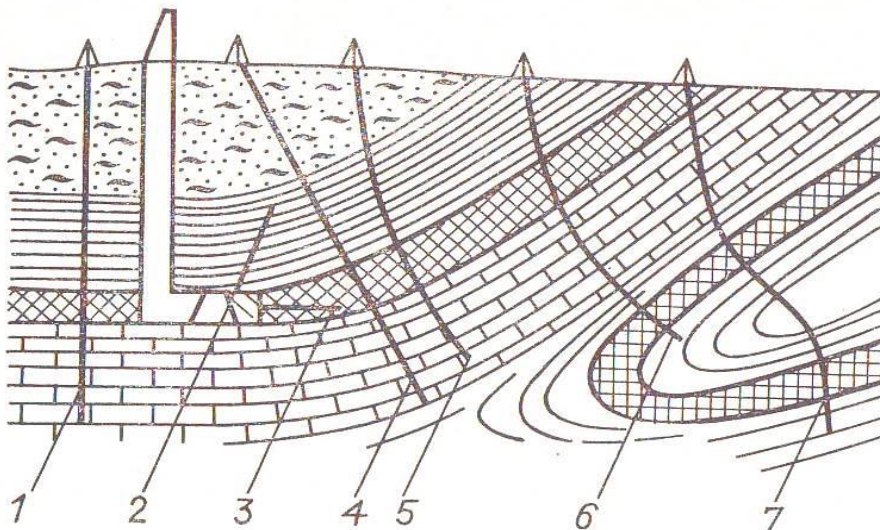
Диаметры буровых скважин изменяются от 26 до 1000 мм. В некоторых случаях бурением производят углубку шурфов и шахтных колодцев диаметром 1000 – 1500мм.

Глубина буровых скважин изменяется от нескольких метров до нескольких километров.

### **1.1.2 Положение скважин в земной коре**

Скважины бурят с земной поверхности, подземных горных выработок, поверхностей водоемов (морей, океанов, рек, озер) и со дна акватории.

По направлению буровые скважины делятся на вертикальные 1, восстающие 2, горизонтальные 3, наклонные 4 (рис.2).



**Рис.2 Типы трасс и положение скважин в земной коре**

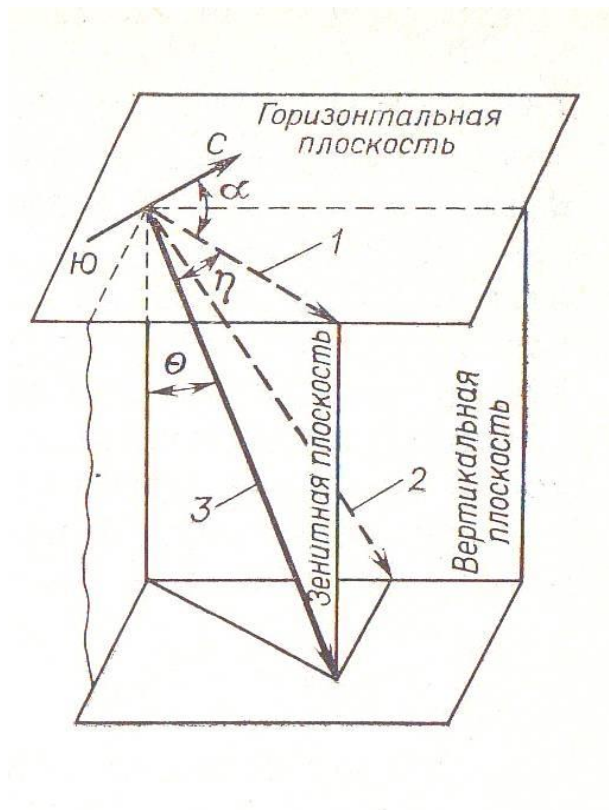
Горизонтальные и восстающие скважины в основном бурят из подземных из подземных горных выработок, а в горной местности при благоприятном рельефе и из поверхности земли. Направление скважины определяют залеганием полезного ископаемого и физико – механическими свойствами пород, влияющими на изменение ее направления в процессе бурения.

Скважины задаются так, что бы пересечь полезное ископаемое под углом, близким к прямому. При этом по поднятому столбику горной породы (керну) получить истинную мощность пласта. Положение *оси* скважины в пространстве называется *трассой* скважины (рис.2). Все скважины в процессе углубки, как правило, искривляются. По характеру кривизны различают следующие типы трасс скважин: прямолинейные 1,2,3,4; искривленные 6; прямолинейно-искривленные 5 и сложные 7.

Тот или иной тип трассы при бурении получается или самопроизвольно по закономерности естественного искривления

скважин, или искусственно, искривлением различными техническими средствами. Кроме этого трассы могут быть плоско-искривленные или пространственно-искривленными.

В геологической документации скважины изображаются в виде проекции на вертикальную и горизонтальную плоскости (рис.3).



**Рис. 3** Проекция и определение пространственного положения трассы скважины

Проекция *оси трассы* 3 скважины на вертикальную плоскость называется *профилем* 2, а на горизонтальную – *планом* 1 скважин.

Положение устья скважины может быть определено координатами, полученными топографической или маркшейдерской съемкой. Положение оси ствола скважины в пространстве определяется углом наклона  $\eta$ , зенитным углом  $\theta$  и азимутом  $\alpha$ .

Под *углом наклона* скважины  $\eta$  понимают угол между горизонталью и касательной к ее оси в данной точке.

*Зенитный угол*  $\theta$  представляет собой угол между вертикалью и касательной к оси скважины в данной точке.

$$\theta = 90^\circ - \eta \quad (1)$$

$$\eta = 90^\circ - \theta \quad (2)$$

*Азимут скважины*  $\alpha$  называется углом между меридианом и касательной к горизонтальной проекции оси скважины по направлению движения часовой стрелки.

Азимут и зенитный угол измеряются специальными скважинными приборами – инклинометрами, через 25-100 м.

### **1.1.3 Классификация буровых скважин**

Все скважины, бурящиеся с целью региональных исследований, поисков, разведки и разработки месторождений, для решения инженерно-технических вопросов и вспомогательных целей, подразделяются на категории и группы. Ниже приведена классификация скважин в зависимости от стадии геологоразведочных работ и их целевого назначения.

По целевому назначению скважины делятся на:

- геологоразведочные;
- эксплуатационные;
- технические;
- специальные.

1. *Геологоразведочные скважины* - предназначены для геологического изучения земных недр и подразделяются на:

- *картировочные скважины* – бурятся только с отбором керна для составления геологических разрезов и карт;
- *опорные скважины* — глубокие скважины, сооружаемые с целью изучения геологического строения территории и получения опорных

данных служащих основой проектирования объемов и видов региональных, поисковых и геологоразведочных работ;

- *параметрические скважины* — предназначены для более детального изучения геологического строения разреза, особенно на больших глубинах, и для выявления наиболее перспективных площадей с точки зрения проведения на них геолого-поисковых работ. По результатам бурения параметрических скважин уточняют стратиграфический разрез и наличие благоприятных для скопления нефти и газа структур, корректируют разработанные по данным опорного бурения перспективы нефтегазоносности района и прогнозные запасы нефти и газа;

- *структурные скважины* — служат для тщательного изучения структур, выявленных при бурении опорных и параметрических скважин, и для подготовки проекта поисково-разведочного бурения на эти структуры. Результаты структурного бурения и геофизических исследований использования используются для изучения характера залегания, возраста и физических свойств пород, слагающих разрез, для точной отбивки опорных (маркирующих) горизонтов и построения структурных карт;

- *поисковые скважины* — сооружают на подготовленных предыдущим бурением и геолого-физическими исследованиями площадях с целью выявления потенциальных месторождений;

- *разведочные скважины* — бурят на месторождениях полезных ископаемых для определения его количества, качества и условий залегания, с целью установления экономической целесообразности эксплуатации месторождения и получения необходимых данных для составления проекта его отработки;

- *опробовательные скважины* – служат для отбора и исследования проб с целью определения качественного и количественного состава полезных ископаемых;

- *гидрогеологические скважины* – предназначены для определения фильтрационных свойств горных пород, наблюдением за режимом подземных вод, проведения геофизических исследований в районах месторождений полезных ископаемых.

2. *Эксплуатационные скважины* — бурят для добычи жидких, газообразных и реже твердых (подземное выщелачивание) полезных ископаемых. Они закладывают на полностью разведанном и подготовленном к разработке месторождения. В категорию входят не только добывающие скважины, но и скважины позволяющие организовать эффективную разработку месторождения (оценочные, нагнетательные, наблюдательные):

- *оценочные* — скважины предназначены для уточнения режима работы пласта и степени выработки участков месторождения, уточнения схемы его разработки;

- *нагнетательные* — скважины служат для организации законтурного и внутриконтурного нагнетания в эксплуатационный пласт воды, газа или воздуха в целях поддержания пластового давления;

- *наблюдательные* — скважины сооружают для систематического контроля над режимом разработки месторождения.

3. *Технические скважины* – предназначены для прокладки трубопровода и кабелей, вентиляции подземных горных выработок и т.д.

4. *Специальные скважины* — бурят для взрывных работ при сейсмических методах поисков и разведки месторождения, сброса промысловых вод в непродуктивные поглощающие пласты, разведки и добычи воды, подготовки структур для подземных газохранилищ

и закачки в них газа, ликвидации открытых фонтанов нефти и газа. Для взрывных работ при отработке полезных ископаемых.

Бурение скважин проводят с помощью специального бурового оборудования.

#### 1.1.4 Характеристика процесса бурения

Различают понятия «бурение» и «сооружение» скважины.

Под *бурением* понимают комплекс следующих операций, в результате выполнения которых создается буровая скважина:

- 1) Разрушение горной породы на забое.
- 2) Удаление разрушенной породы (шлама) с забоя на поверхность.
- 3) Закрепление стенок скважины в неустойчивых породах.

Породу можно разрушать механическим, электрическим, термическим, химическим, взрывным и другими способами.

Скважины обычно бурят механическим способом различными породоразрушающими инструментами. При этом под воздействием статических и динамических нагрузок породоразрушающий инструмент сминает, раздавливает, режет, скалывает, дробит, истирает, уплотняет породы. Разрушение пород может происходить по всему забою или по кольцу с образованием ненарушенного столбика породы (керн).

Существуют следующие способы удаления частиц разрушенной породы:

- *гидравлический* – частицы породы выносятся потоком промывочной жидкости (вода, глинистый раствор, специальные промывочные жидкости и др.);

- *пневматический* – продукты разрушения выносятся потоком сжатого воздуха или газов;

- *механический* – осуществляется буровым или специальным инструментом (буровой стакан, ложковый или спиральный бур, шнек, желонка), что определяется способом бурения;

- *комбинированный* – используются два или три перечисленных выше способа одновременно или последовательно.

Стенки скважины в неустойчивых породах в процессе углубки закрепляются вяжущими промывочными жидкостями (глинистыми, полимерными и др.), а также цементом и цементсодержащими материалами, синтетическими смолами, замораживанием и др. для крепления скважин на длительное время применяют обсадные трубы. Трубы могут быть стальными, пластмассовыми или из других материалов.

Под *сооружением* скважины понимают комплекс работ по ее подготовке, бурению и поддержанию в устойчивом состоянии, проведению в ней необходимых исследований, ликвидации или сдаче ее в эксплуатацию.

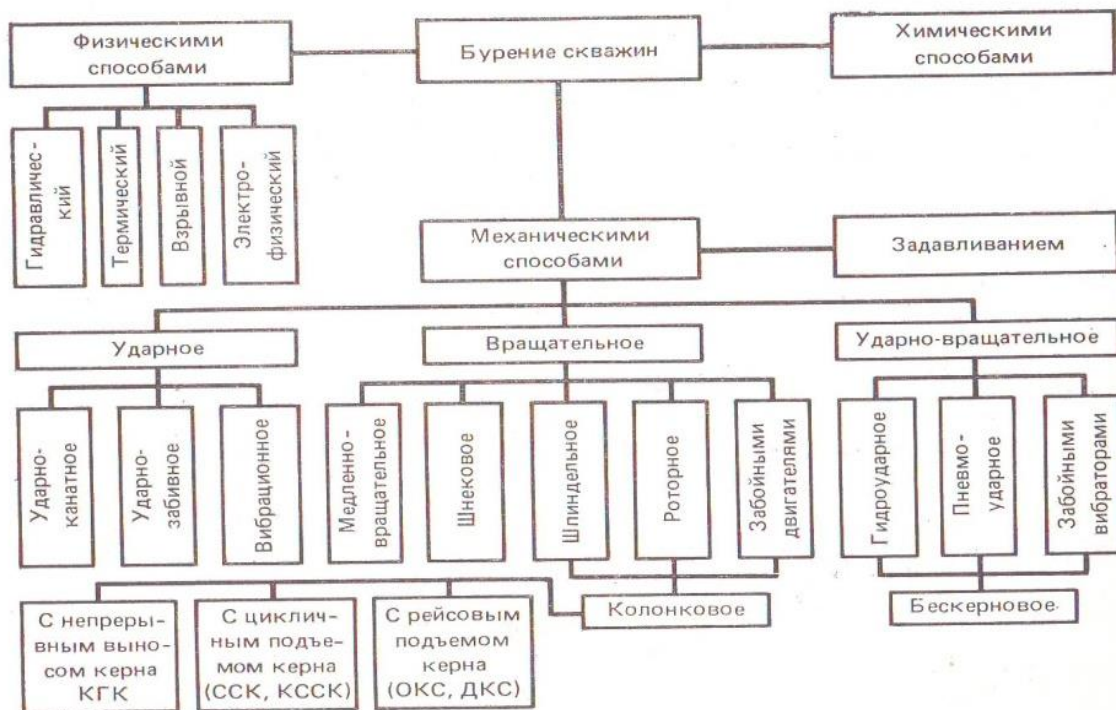
Сооружение скважины, кроме бурения, предусматривает выполнение следующих видов работ: монтаж буровой установки; испытания и исследования в скважине – каротаж; замер искривления и уровня жидкости, отбор проб воды, определение дебита с помощью откачек; тампонирующее скважины с целью разобщения и изоляции водоносных и поглощающих пластов; установка фильтра и водоподъемника в гидрогеологической скважине; предупреждение и ликвидация аварий в скважине; извлечение обсадных труб и ликвидационное тампонирующее; разборка буровой установки и рекультивация почвы.

Перечисленные виды работ выполняются буровыми, монтажными, каротажными, гидрогеологическими и другими бригадами.

### 1.1.5 Классификация способов бурения

По характеру разрушения породы, применяемые способы бурения делятся на: *механические* - буровой инструмент непосредственно воздействует, действует на горную породу, разрушая её, и *немеханические* - разрушение происходит без непосредственного контакта с породой источника воздействия на неё (термическое, взрывное и др.).

*Механические способы* бурения подразделяют на вращательные и ударные (а также вращательно-ударные и ударно-вращательные) (рис.4).



**Рис.4 Классификация механических способов бурения**

При вращательном бурении порода разрушается за счёт вращения прижатого к забою инструмента. В зависимости от прочности породы при вращательном бурении применяют буровой породоразрушающий

инструмент режущего типа (долото буровое и коронка буровая); алмазный буровой инструмент; дробовые коронки, разрушающие породу при помощи дроби (дробовое бурение).

*Ударные способы* бурения разделяются на: ударное бурение или ударно-поворотное (бурение перфораторами, в том числе погружными, ударно-канатное, штанговое и т.п., при которых поворот инструмента производится в момент между ударами инструмента по забою); ударно-вращательное (погружными пневмо-и гидроударниками, а также бурение перфораторами с независимым вращением и т.п.), при котором удары наносятся по непрерывно вращающемуся инструменту; вращательно-ударное, при котором породоразрушающий буровой инструмент находится под большим осевым давлением в постоянном контакте с породой и разрушает её за счёт вращательного движения по забою и периодически наносимых по нему ударов. Разрушение пород забоя скважины производится по всей его площади (бурение сплошным забоем) или по кольцевому пространству с извлечением керна (колонковое бурение).

Удаление продуктов разрушения бывает периодическое с помощью желонки и непрерывное шнеками, витыми штангами или путём подачи на забой газа, жидкости или раствора (глинистый раствор).

Иногда бурение подразделяют по типу бурового инструмента (шнековое, штанговое, алмазное, шарошечное и т.д.); по типу буровой машины (перфораторное, пневмоударное, турбинное и т.д.), по методу проведения скважин (наклонное, кустовое и т.д.).

Технические средства бурения состоят в основном из буровых машин (буровых установок) и породоразрушающего инструмента.

Из немеханических способов получило распространение для бурения взрывных скважин в кварцсодержащих породах термическое бурение, ведутся работы по внедрению взрывного бурения.

Бурение развивалось и специализировалось применительно к трём основным областям техники: наиболее глубокие скважины (несколько км) бурятся на нефть и газ, менее глубокие (сотни м) для поисков и разведки твёрдых полезных ископаемых, скважины и шпуры глубиной от нескольких м до десятков м бурят для размещения зарядов взрывчатых веществ (главным образом в горном деле и строительстве).

### ***Контрольные вопросы***

1. Что относится к элементам буровой скважины?
2. Какими углами определяется положение скважины в земной коре?
3. Что входит в основные виды работ при сооружении скважины?
4. Что понимают под « бурением» скважины?
5. Какие существуют способы механического бурения скважин?

### **Рекомендуемая литература**

1. Бурение разведочных скважин: учеб.: рек. Мин. обр. обр. РФ/ Н.В. Соловьев [и др.]; под общ. ред. Н.В. Соловьева. – М.: Выс. шк., 2007. – 904 с.

## **1.2 Физико – механические свойства горных пород и процесс их разрушения при бурении**

### **1.2.1. Общие сведения о горных породах**

Земная кора сложена главным образом изверженными и метаморфическими горными породами, на которых прерывистым покровом лежат осадочные породы. В строении нефтяных и газовых месторождений принимают участие только осадочные горные породы.

Важными признаками строения осадочных горных пород, имеющими существенное значение при их разрушении, являются их структура и текстура. Под структурой горной породы понимаются те ее особенности, которые обусловлены формой, размерами и характером

поверхности образующих их материалов. Большинство осадочных пород сложено рыхлыми цементированными минеральными обломками различных размеров, имеющими неправильные очертания. Основная структурная особенность осадочных пород, характеризующая их механические свойства, структура цементов, связывающих отдельные обломки.

Текстура указывает на особенности строения всей породы в целом и выявляет взаимное пространственное расположение минеральных частиц. Основные особенности текстуры осадочных пород слоистость, сланцеватость (способность породы раскалываться по параллельным плоскостям на тонкие пластинки) и пористость (пористостью называется отношение объема всех пустот к объему всей породы, выраженное в процентах).

По природе сил сцепления между частицами осадочные породы подразделяются на три основные группы:

- *скальные*,
- *связные (пластичные)*,
- *сыпучие*.

Силы сцепления *скальных* пород (песчаников, известняков, мергелей и др.) характеризуются молекулярным притяжением частиц друг к другу, а также наличием сил трения.

Силы сцепления *пластичных* пород (глинистых) характеризуются взаимодействием коллоидных частиц, адсорбирующихся на поверхности обломков, а также наличием сил трения,

*Сыпучие* породы (песок) не обладают сцеплением ни в сухом состоянии, ни при полном насыщении водой. Только при ограниченном насыщении водой у сыпучих пород наблюдаются силы сцепления, обусловленные трением.

Кроме сил сцепления, всем породам присущи силы внутреннего

трения, зависящие от давления, прижимающего частицы друг к другу.

### **1.2.2. Основные физико – механические свойства горных пород, влияющие на процесс бурения**

Основные физико-механические свойства горных пород, влияющие на процесс бурения – их упругие и пластические свойства, твердость, абразивность и сплошность.

*Упругие свойства горных пород.* Все горные породы под воздействием внешних нагрузок претерпевают деформации, исчезающие после удаления нагрузки или остающиеся. Первые из них называются упругими деформациями, а вторые пластическими. Большинство породообразующих минералов - тела упруго хрупкие, т. е. они подчиняются закону Гука и разрушаются, когда напряжения достигают предела упругости.

Упругие свойства горных пород характеризуются модулем упругости (модуль Юнга) и коэффициентом Пуассона. Модуль упругости горных пород зависит от их минералогического состава, вида нагружения и величины приложенной нагрузки, от структуры, текстуры и глубины залегания пород, от состава и строения цементирующего вещества у обломочных пород, от степени влажности, песчаности и карбонатности пород.

*Пластические свойства горных пород (пластичность).* Разрушению некоторых пород предшествует пластическая деформация. Она начинается, как только напряжения в породе превысят предел упругости. Пластичность зависит от минералогического состава горных пород и уменьшается с увеличением содержания кварца, полевого шпата и некоторых других минералов. Высокими пластическими свойствами обладают глины и некоторые породы, содержащие соли. При определенных условиях некоторые горные породы подвержены

ползучести. Ползучесть проявляется в постоянном росте деформации при неизменном напряжении. Значительной ползучестью характеризуются глины, глинистые сланцы, соляные породы, аргиллиты, некоторые разновидности известняков.

*Твердость горных пород.* Под твердостью горной породы понимается ее способность оказывать сопротивление проникновению в нее (внедрению) породоразрушающего инструмента.

В геологии большое распространение имеет шкала твердости минералов Мооса, по которой условную твердость минералов определяют методом царапания; по этой шкале твердость характеризуется отвлеченным числом (номером).

На основании многочисленных исследований Л.А.Шрейнер предложил классификацию горных пород, выгодно отличающуюся от шкалы твердости Мооса тем, что она наиболее полно учитывает основные физико-механические свойства горных пород, влияющих на процесс бурения.

К I группе относятся породы, не дающие общего хрупкого разрушения (слабо сцементированные пески, суглинки, известняк-ракушечник, мергели, глины с частыми прослоями песчаников, мергелей и т. п.).

К II группе относятся упругопластичные породы (сланцы, доломитизированные известняки, крепкие ангидриты, доломиты, конгломераты на кремнистом цементе, кварцево-карбонатные породы и т.п.).

К III группе относятся упругохрупкие, в основном изверженные и метаморфические породы.

*Абразивность горных пород.* Под абразивностью горной породы понимается ее способность изнашивать контактирующий с ней породоразрушающий инструмент в процессе их взаимодействия.

Абразивность пород проявляется в процессе изнашивания (преимущественно механического) и является его характеристикой. Поэтому показатели абразивности можно рассматривать как показатели механических свойств горных пород. Абразивность горной породы, как и любой другой показатель механических свойств, отражает ее поведение в конкретных условиях испытания или работы. Понятие об абразивной способности тесно связано с понятием о внешнем трении и износе.

Абразивные свойства горных пород изучены слабо. На величину трения существенное влияние оказывает среда. Коэффициент трения о породу, поверхность которой смочена глинистым раствором, меньше, чем тот же коэффициент при трении о породу, смоченную водой, и значительно ниже, чем коэффициент трения о сухую породу. Твердость горной породы, размер и форма зерен, образующих породу, существенно влияют на коэффициент внешнего трения. Коэффициент трения о породу с более высокой твердостью при прочих равных условиях обычно более высокий, чем о породу с меньшей твердостью. Это объясняется тем, что абразивные зерна из такой породы выламываются трудней, а разрушающий инструмент царапается зернами этой же породы более интенсивно. По этим же причинам коэффициент внешнего трения выше при трении о мелкозернистые породы с остrokонечными зернами, чем при трении о крупнозернистую породу со скатанными зернами.

Среди горных пород наибольшей абразивностью обладают кварцевые и полевошпатовые песчаники и алевролиты (сцементированные обломочные породы с обломочными зернами размером от 0,01 до 0,1 мм). В настоящее время разработано несколько классификаций по абразивности горных пород.

*Сплошность горных пород.* Понятие «сплошность горных пород»

предложено для оценки структурного состояния горных пород, которые, исходя из степени пригодности внутрискрутурных нарушений (трещин, пор, поверхностей рыхлого контакта зерен и т. д.), передают внутрь породы давления внешней жидкостной или газовой среды. Разделяют четыре категории сплошности: к первой категории сплошности относятся породы, внутрь которых может проникнуть исходный глинистый раствор; ко второй – породы, внутрь которых проникает не только жидкость, но и твердые (глинистые) частицы; к третьей – породы, внутрь которых передается давление только маловязкой жидкости (типа воды); к четвертой – породы, внутрь которых внешнее гидравлическое давление не передается.

### **1.2.3 Классификация горных пород по буримости**

*Буримость* горных пород — сопротивляемость горных пород разрушению в процессе бурения. Оценивается скоростью бурения (проходка в единицу времени), временем и энергоёмкостью бурения единицы длины ствола скважины или шпура при стандартных условиях проведения опыта для каждого типа буровой машины.

Буримость ухудшается с увеличением плотности, вязкости, твёрдости, абразивности горных пород, зависит также от минерального состава, строения пород и термодинамических условий, в которых они находятся. Для различных видов породоразрушающего инструмента и методов бурения разработаны шкалы буримости. Для перехода от одной шкалы к другой, а также от стандартных условий бурения к нестандартным существуют поправочные коэффициенты и обобщённые классификации горных пород по буримости. Во всех классификациях породы по буримости разделяют на легкобуримые

(например, каменный уголь), среднебуримые (мергели), труднобуримые (перидотит) и весьма труднобуримые (железистые кварциты).

Буримость учитывается при нормировании труда рабочих, оценке производительности бурения, выборе породоразрушающего инструмента, количества буровых установок, планировании и организации буровых работ в конкретных горно-геологических условиях.

Буримость породы — это величина углубки скважины за единицу времени чистого бурения (механическая скорость бурения). Она оценивается в м/ч, см/мин, мм/мин.

Буримость пород устанавливается опытным путем для определенных горных пород и породоразрушающих инструментов при рациональных режимах бурений. Так как при различных способах бурения механизм разрушения горных пород различен, то и буримость одной и той же породы при различных способах бурения будет различной.

Буримость породы характеризуется следующими показателями: механической скоростью бурения, величиной проходки до допустимого износа породоразрушающего инструмента, затратой времени на проходку 1 м скважины. Эти величины зависят не только от свойств породы, но и от вида и конструкции породоразрушающего инструмента и параметров режима бурения. По мере усовершенствования породоразрушающих инструментов и технологических параметров «буримость» пород повышается.

Горные породы по буримости для вращательного колонкового бурения разделены на двенадцать категорий. Критерием отнесения породы к той или иной категории буримости является углубка скважины за 1 ч чистого бурения при определенных условиях (тип и диаметр буровой коронки, глубина скважины и т. д.). При отклонениях

от установленных (стандартных) условий вводятся поправочные коэффициенты.

Объемное разрушение происходит, когда на контакте резцов (зубков) породоразрушающего инструмента с породой возникает напряжение, превосходящее твердость породы на вдавливание (критическое напряжение):

При бурении разрушается не только порода; одновременно происходит износ (затупление) резцов. В этом случае разрушение породы при бурении будет происходить только вследствие сил трения, возникающих на контакте лезвий с породой. Этот вид разрушения неэффективен.

В зависимости от категории пород по буримости и других факторов ВИЭМСом разработаны сметные нормы на бурение скважин, вошедшие в соответствующий справочник ССН-92.

### **1.3 Разрушение горных пород при бурении**

#### **1.3.1 Виды разрушений при механическом способе бурения**

*Разрушение горных пород* — нарушение сплошности природных структур горных пород (минеральных агрегатов, массивов горных пород) под действием естественных и искусственных сил.

Разрушение — сложный физический или физико-химический процесс, характер развития которого зависит от величины и скорости приложения нагрузки, напряженного состояния объекта, его прочности и структурных свойств

Разрушение при бурении скважин имеет ряд особенностей и происходит путём отделения от массива частиц различной крупности в пределах плоскости забоя при наличии только одной обнажённой поверхности и возрастании с глубиной влияния горного давления.

Наибольшее распространение получил *механический* способ бурения, при котором разрушение имеет *объёмный, усталостный* или *поверхностный* характер.

*Объёмное разрушение* - когда напряжения в породе превышают предел её прочности, порода разрушается на некоторую глубину, которая сохраняется при перемещении породоразрушающих элементов по забою и может превышать их внедрение. Объёмное разрушение наиболее эффективно, т.к. требует наименьших удельных затрат энергии.

*Усталостное разрушение* происходит при контактных напряжениях меньших, чем прочность породы, и наступает после многократного воздействия нагрузок в результате образования и постепенного развития в породе микротрещин.

При ещё меньших значениях напряжений происходит *поверхностное* разрушение, когда породоразрушающие элементы, перемещаясь по забою без внедрения, истирают породу. Такой процесс наименее эффективен, т.к. ведёт к интенсивному износу инструмента и отличается высокими удельными энергозатратами.

### **1.3.2 Основные закономерности разрушения горных пород при бурении**

Основной вид деформации, под действием которой породы в процессе бурения разрушаются – вдавливание. Рассмотрим явления, происходящие в породе при действии постепенно возрастающей местной нагрузки, передающейся через штамп. Первоначально порода уплотняется в непосредственной близости от площадки контакта. Затем, когда нагрузка достигает некоторого критического значения, в породе образуется конусообразная трещина, вершина которой обращена к вдавливаемому телу. При дальнейшем увеличении нагрузки трещина

продолжает развиваться в глубину; при этом образуется система хаотически расположенных трещин, порода в вершине конуса раздавливается в порошок, передающий давление во все стороны.

Под влиянием этого давления порода продолжает разрушаться до образования лунки. Описанный процесс внедрения штампа составляет один полный цикл разрушения. При дальнейшем нагружении штампа процесс во всех трех фазах повторяется. Такая цикличность разрушения свойственна хрупким, прочным горным породам. В хрупких, но менее прочных горных породах разрушение также носит циклический, но менее скачкообразный характер. Разрушение малопрочных пород носит плавный характер.

Рассмотрим действие динамического вдавливания (ударов) на породу. Исследованиями установлено, что в результате ударов горные породы могут разрушаться при напряжениях, меньших, чем критические, соответствующих пределу прочности. Сам механизм разрушения аналогичен описанному выше. Число ударов по одному и тому же месту может быть значительным. С увеличением силы удара число их уменьшается, и при некотором значении силы разрушение наступает после первого же удара. Таким образом, горная порода может разрушаться как при действии статических, так и динамических нагрузок. Сила удара в процессе динамического разрушения зависит от нагрузки и скорости ее приложения. Эффект разрушения в значительной мере зависит от формы твердого тела, которым разрушают горную породу. Все эти и некоторые другие факторы оказывают влияние на объемную работу разрушения.

Удельная контактная работа определяется отношением полной работы к площади контакта разрушающего инструмента:

Объемная работа разрушения при динамическом вдавливании в несколько раз выше, чем при статическом.

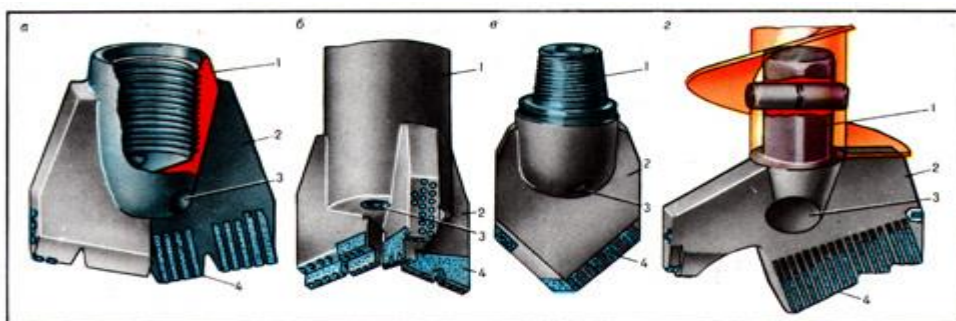
Порода, составляющая поверхность забоя и подлежащая разрушению, находится в условиях неравномерного всестороннего сжатия, создаваемого давлением столба бурового раствора, заполняющего скважину, и боковым давлением горных пород. Сама поверхность забоя неоднородна и не представляет гладкую поверхность: отдельные частицы породы возвышаются над общим уровнем поверхности. При действии разрушающего инструмента на породу эти частицы первыми воспринимают давление и передают его другим соседним частицам.

Некоторые из них дробятся, другие выламываются, третьи почти прямолинейно проталкиваются в направлении движения разрушающего инструмента.

При бурении нефтяных, газовых, гидрогеологических, технологических и специальных скважин основным инструментом, при помощи которого разрушается горная порода, является долото.

Долото проникает в породу и разрушает ее вследствие перемещения: поступательного сверху вниз под действием нагрузки на долото, создаваемой массой нижней части колонны бурильных труб (эта нагрузка называется осевой нагрузкой); вращательного, осуществляемого гидравлическим забойным двигателем, электробуром или ротором посредством бурильных труб.

Горная порода разрушается долотом посредством резания, скалывания или дробления. При резании осевая нагрузка действует непрерывно и ее можно считать статической. В процессе скалывания и дробления приложенное усилие действует на забой прерывно, что вызывает дополнительные динамические нагрузки на забой (удары). Резание может осуществляться лопастными долотами ( рис.5).

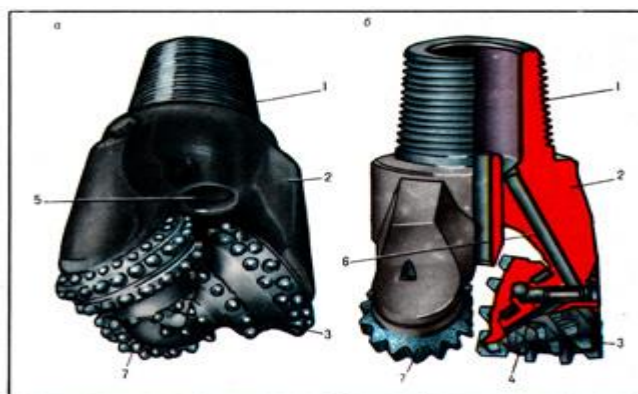


***Рис. 5 Лопастные долота***

Скалывание происходит при использовании лопастных или шарошечных долот. Дробление может осуществляться только шарошечными долотами. Алмазные долота разрушают породу путем истирания и резания.

Наибольшее распространение получили шарошечные долота, которые используют при бурении пород различной твердости (от мягких до самых крепких) (рис.б).

Рассмотрим процесс разрушения забоя скважины шарошечным долотом. Работа долот протекает в растворе или газе (в том случае, если в качестве бурового раствора применяется воздух или природный газ), содержащих обломки выбуренной породы. Шарошки долот вращаются вокруг своей оси и вокруг оси вращения бурильных труб (при роторном бурении) или вала гидравлического забойного двигателя (электробура). Вращаясь вокруг своих осей, шарошки попеременно упираются в забой то одним, то двумя зубьями, т.е. при своем вращении то поднимается, то опускается, производя при этом частые удары по забою.



***Рис. 6 Шарошечные долота***

Благодаря такому характеру перемещения зубья шарошки оказывают на породу не только статическое, но и динамическое воздействие. В зависимости от формы шарошек и положения их осей относительно оси долота происходит или чистое дробление, или дробление со скалыванием. Интенсивность проскальзывания зубьев для данного шарошечного долота оценивают коэффициентом скольжения, который равен отношению суммы площадей, описываемых за один оборот долота кромками зубьев, скользящих по породе, к площади забоя скважины.

Буровой раствор, подаваемый на забой скважины через отверстия в долоте, должен обеспечить очистку шарошек долота, вынос разбуренной породы, охлаждение долота и очистку забоя, исключая вторичное дробление породы долотом.

Увеличение гидравлической мощности, превращаемой в промывочных отверстиях долота в кинематическую энергию струи жидкости, ведет к увеличению проходки на долото и механической скорости бурения. Гидростатическое давление столба бурового раствора уменьшает механическую скорость бурения, так как оно стремится удерживать частицы породы на первоначальном месте и тем самым

помогает породе сопротивляться разрушению.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какое разрушение горной породы наиболее эффективное?
2. Какие виды разрушений выделены при механическом способе бурения?
3. Какие существуют разновидности бурового инструмента?

### ***Рекомендуемая литература***

1. Бурение разведочных скважин: учеб.: рек. Мин. обр. обр. РФ/ Н.В. Соловьев [и др.]; под общ. ред. Н.В. Соловьева. – М.: Выс. шк., 2007. – 904 с.

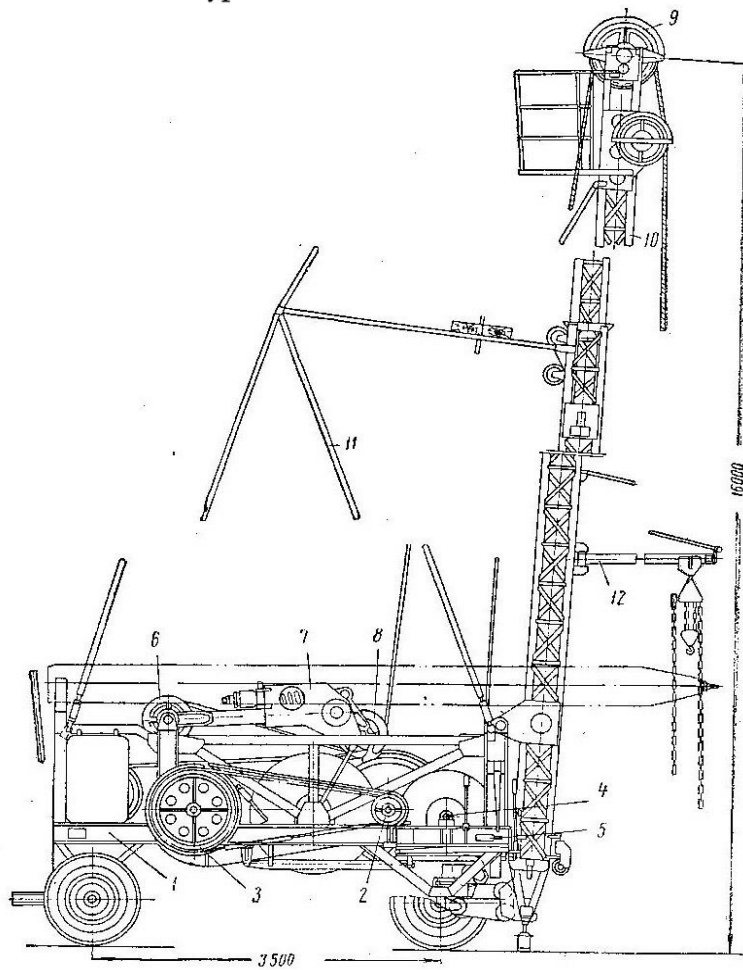
## **1.4 Способы бурения скважин**

Бурить скважины можно механическим, термическим, электроимпульсным и другими способами (несколько десятков). Однако промышленное применение находят только способы механического бурения – ударное и вращательное. Остальные способы применяются ограниченно.

### **1.4.1 Ударное бурение**

Ударное бурение. Из его всех разновидностей наибольшее распространение получило ударно-канатное бурение (рис.7). Механизмы станка смонтированы на раме 1, установленной на пневматических скатах грузовой автомашины. Вал 2 главного привода получает вращение от электродвигателя через клиноременную передачу. Главный вал передает вращение валу ударного механизма, желоночным и талевым барабанам зубчатой передачей, а валу инструментального барабана 3 - цепной. Желоночный и талевый барабаны насажены на общую ось 4 и могут вращаться независимо друг от друга.

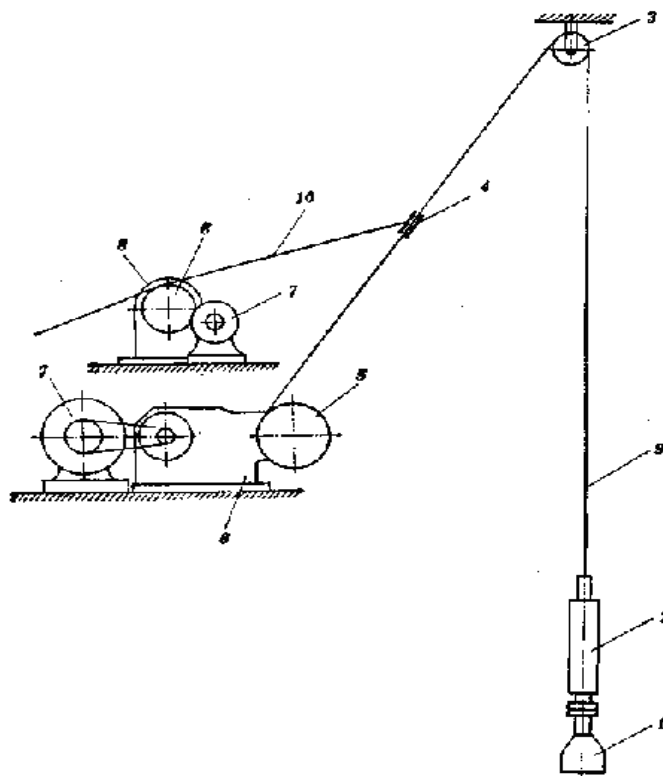
## Буровой станок УКС-30М



**Рис.7** Схема установки ударно-канатного бурения УКС -30М

На раме станка в месте расположения рукояток управления установлены кнопки 5 пускателя главного электродвигателя. Рабочий канат с инструментального барабана протянут на направляющий блок 6 оттяжной рамы 7 и далее через оттяжной блок 8 канат поступает на инструментальный блок 9 оттуда спускается к буровому снаряду. Канат с желоночного барабана перекинут через блок на мачте и прикреплен к желоночному снаряду. При обычных условиях эксплуатации мачту 10 раскрепляют трубчатыми растяжками 11. Для облегчения подъема деталей бурового снаряда при его сборке и разборке на мачте имеется консольная кран-балка 12 с подвижной червячной талью.

Буровой снаряд, который состоит из долота 1, ударной штанги 2, раздвижной штанги-ножниц 3 и канатного замка 4, спускают в скважину на канате 5, который, огибая блок 6, оттяжной ролик 8 и направляющий ролик 10, сматывается с барабана 11 бурового станка (рис.8).



**Рис.8** Схема бурового снаряда

Скорость спуска бурового снаряда регулируют тормозом 12. Блок 6 установлен на вершине мачты. Для гашения вибраций, возникающих при бурении, применяются амортизаторы 7. Кривошип при помощи шатуна приводит в колебательное движение балансирующую раму 9. При опускании рамы оттяжной ролик 8 натягивает канат и поднимает буровой снаряд над забоем. При подъеме рамы канат опускается, снаряд

падает, и при ударе долота о породу, последняя разрушается.

По мере углубления скважины канат удлиняют, сматывая его с барабана *11*. Цилиндричность скважины обеспечивается поворотом долота в результате раскручивания каната под нагрузкой (во время приподъема бурового снаряда) и скручивания его при снятии нагрузки (во время удара долота о породу).

Эффективность разрушения породы при ударно-канатном бурении прямо пропорциональна массе бурового снаряда, высоте его падения, ускорению падения, числу ударов долота о забой в единицу времени и обратно пропорциональна квадрату диаметра скважины.

В процессе разбуривания трещиноватых и вязких пород возможно заклинивание долота. Для освобождения долота в буровом снаряде применяют штангу-ножницы, изготовленные в виде двух удлиненных колец, соединенных друг с другом подобно звеньям цепи.

Процесс бурения будет тем эффективнее, чем меньше сопротивление долоту бурового снаряда оказывает накапливающаяся на забое скважины выбуренная порода, перемешанная с пластовой жидкостью.

При отсутствии или недостаточном притоке пластовой жидкости в скважину с устья периодически доливают воду. Равномерное распределение частиц выбуренной породы в воде достигается периодическим расхаживанием бурового снаряда.

По мере накопления на забое разрушенной породы (шлама) возникает необходимость в очистке скважины. Для этого с помощью барабана поднимают буровой снаряд из скважины и многократно спускают в нее желонку на канате, сматываемом с барабана. В днище желонки имеется клапан. При погружении желонки в зашламленную жидкость клапан открывается, и желонка заполняется этой смесью, при подъеме желонки клапан закрывается. Поднятую на поверхность

зашламленную жидкость выливают в сборную емкость. Для полной очистки скважины приходится спускать желонку несколько раз подряд.

После очистки забоя в скважину опускают буровой снаряд, и процесс бурения продолжается.

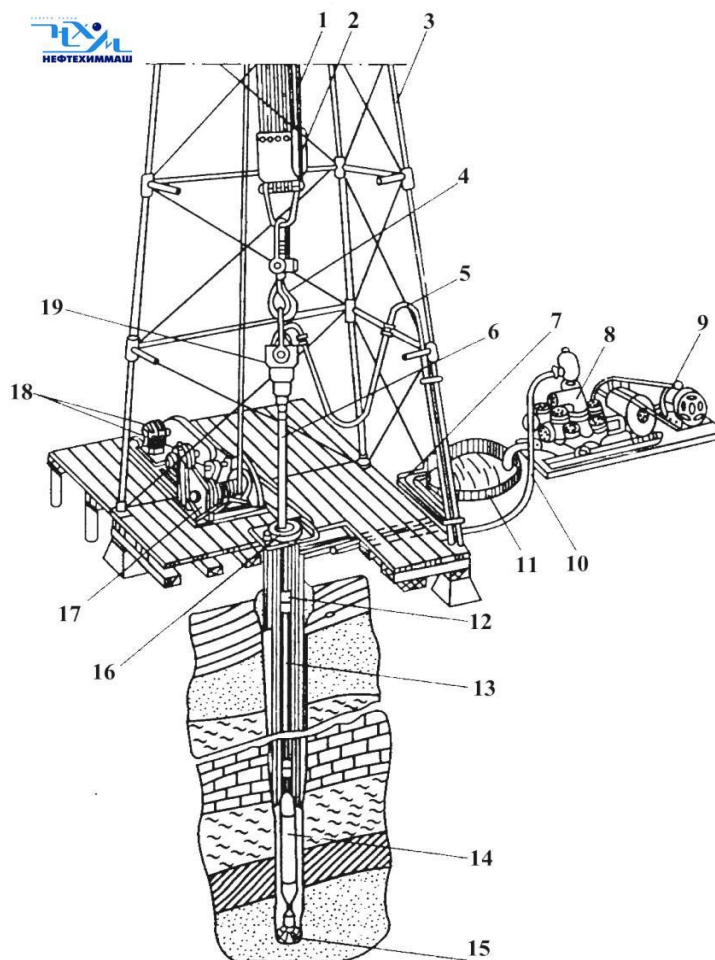
При ударном бурении скважина, как правило, не заполнена жидкостью. Поэтому, во избежание обрушения породы с ее стенок, спускают обсадную колонну, состоящую из металлических обсадных труб, соединенных друг с другом с помощью резьбы или сварки. По мере углубления скважины обсадную колонну продвигают к забою и периодически удлиняют (наращивают) на одну трубу.

### **1.4.2 Вращательное бурение**

При вращательном бурении разрушение породы происходит в результате одновременного воздействия на долото нагрузки и крутящего момента. Под действием нагрузки долото внедряется в породу, а под влиянием крутящего момента скалывает ее.

Существует две разновидности вращательного бурения – роторный и с забойными двигателями.

При роторном бурении (рис. 9) мощность от двигателей 9 передается через лебедку к ротору 16 - специальному вращательному механизму, установленному над устьем скважины в центре вышки. Ротор вращает бурильную колонну и привинченное к ней долото 1. Бурильная колонна состоит из ведущей трубы 15 и привинченных к ней с помощью специального переводника 6 бурильных труб 5.



**Рис.9** *Схема вращательного бурения скважин*

Следовательно, при роторном бурении углубление долота в породе происходит при движении вдоль оси скважины вращающейся бурильной колонны, а при бурении с забойным двигателем – не вращающейся бурильной колонны. Характерной особенностью вращательного бурения является промывка.

При бурении с забойным двигателем долото 15 привинчено к валу, а бурильная колонна – к корпусу двигателя 14. При работе двигателя вращается его вал с долотом, а бурильная колонна воспринимает реактивный момент вращения корпуса двигателя, который гасится невращающимся ротором (в ротор устанавливают специальную заглушку). Буровой насос 8, приводящийся в работу от двигателя 9,

нагнетает буровой раствор по манифольду (трубопроводу высокого давления) 10 в стояк - трубу 12, вертикально установленную в правом углу вышки, далее в гибкий буровой шланг (рукав) 5, вертлюг 19 и в бурильную колонну. Дойдя до долота, промывочная жидкость проходит через имеющиеся в нем отверстия и по кольцевому пространству между стенкой скважины и бурильной колонной поднимается на поверхность. Здесь в системе емкостей 11 и очистительных механизмах (на рисунке не показаны) буровой раствор очищается от выбуренной породы, затем поступает в приемные емкости буровых насосов и вновь закачивается в скважину.

В настоящее время применяют три вида забойных двигателей – турбобур, винтовой двигатель и электробур (последний применяют крайне редко).

При бурении с турбобуром или винтовым двигателем гидравлическая энергия потока бурового раствора, двигающегося вниз по бурильной колонне, преобразуется в механическую на валу забойного двигателя, с которым соединено долото.

При бурении с электробуром электрическая энергия подается по кабелю, секции которого смонтированы внутри бурильной колонны и преобразуется электродвигателем в механическую энергию на валу, которая непосредственно передается долоту.

По мере углубления скважины бурильная колонна, подвешенная к полиспастной системе, состоящей из кронблока (на рисунке не показан), талевого блока 2, крюка 3 и талевого каната 1, подается в скважину. Когда ведущая труба 6 войдет в ротор 16 на всю длину, включают лебедку, поднимают бурильную колонну на длину ведущей трубы и подвешивают бурильную колонну с помощью клиньев на столе ротора. Затем отвинчивают ведущую трубу вместе с вертлюгом 19 и спускают ее в шурф (обсадную трубу, заранее установленную в специально

пробуренную наклонную скважину) длиной, равной длине ведущей трубы.

Скважина под шурф бурится заранее в правом углу вышки примерно на середине расстояния от центра до ее ноги. После этого бурильную колонну удлиняют (наращивают), путем привинчивания к ней двухтрубной или трехтрубной свечи (двух или трех свинченных между собой бурильных труб), снимают ее с клиньев, спускают в скважину на длину свечи, подвешивают с помощью клиньев на стол ротора, поднимают из шурфа ведущую трубу с вертлюгом, привинчивают ее к бурильной колонне, освобождают бурильную колонну от клиньев, доводят долото до забоя и продолжают бурение.

Для замены изношенного долота поднимают из скважины всю бурильную колонну, а затем вновь спускают ее. Спускоподъемные работы ведут также с помощью полиспастной системы. При вращении барабана лебедки талевый канат наматывается на барабан или сматывается с него, что и обеспечивает подъем или спуск талевого блока и крюка. К последнему с помощью штропов и элеватора подвешивают поднимаемую или спускаемую бурильную колонну.

При подъеме БК развинчивают на свечи и устанавливают их внутри вышки нижними концами на подсвечники, а верхние заводят за специальные пальцы на балконе верхового рабочего. Спускают БК в скважину в обратной последовательности.

Таким образом, процесс работы долота на забое скважины прерывается наращиванием бурильной колонны и спускоподъемными операциями (СПО) для смены изношенного долота.

Как правило, верхние участки разреза скважины представляют собой легкоразмываемые отложения. Поэтому пред бурением скважины сооружают ствол (шурф) до устойчивых пород (3-30 м) и в него спускают трубу 7 или несколько свинченных труб (с вырезанным окном

в верхней части) длиной на 1-2 м больше глубины шурфа. Затрубное пространство цементируют или бетонируют. В результате устье скважины надежно укрепляется.

К окну в трубе приваривают короткий металлический желоб, по которому в процессе бурения буровой раствор направляется в систему емкостей 11 и далее, пройдя через очистительные механизмы (на рисунке не показаны), поступает в приемную емкость буровых насосов. Трубу (колонну труб) 13, установленную в шурфе, называют направлением. Установка направления и ряд других работ, выполняемых до начала бурения, относятся к подготовительным. После их выполнения составляют акт о вводе в эксплуатацию буровой установки и приступают к бурению скважины.

Пробуривая неустойчивые, мягкие, трещиноватые и кавернозные породы, осложняющие процесс бурения (обычно 400-800 м), перекрывают эти горизонты кондуктором 12 и цементируют затрубное пространство до устья. При дальнейшем углублении могут встретиться горизонты, также подлежащие изоляции, такие горизонты перекрываются промежуточными (техническими) обсадными колоннами. Пробуривая скважину до проектной глубины, спускают и цементируют эксплуатационную колонну (ЭК).

На каждую скважину заводятся паспорт, где точно отмечают ее конструкцию, местоположение устья, забоя и пространственное положение ствола по данным инклинометрических измерений ее отклонений от вертикали (зенитные углы) и азимута (азимутальные углы).

Буровые работы должны выполняться с соблюдением законов об охране труда и окружающей природной среды. Строительство площадки под буровую, трасс для передвижения буровой установки, подъездных путей, линий электропередач, связи, трубопроводов для

водоснабжения, сбора нефти и газа, земляных амбаров, очистных устройств, отвал шлама должны осуществляться лишь на специально отведенной соответствующими организациями территории. После завершения строительства скважины или куста скважин все амбары и траншеи должны быть засыпаны, вся площадка под буровую – максимально восстановлена (рекультивирована) для хозяйственного использования.

В зависимости от горнотехнических условий при вращательном бурении сооружают вертикальные, горизонтальные, наклонные, разветвлённые и кустовые скважины.

Одним из видов вращательного бурения является колонковое бурение.

*Колонковое бурение* — бурение, при котором разрушение породы осуществляется по периферийной части забоя, с сохранением колонки породы (керн). Исследование керна даёт характеристику проходимых бурением пород.

Колонковое бурение предложено швейцарцем Ж. Лешо в 1862. Применяется в породах любой твёрдости при бурении на нефть и газ, поисках и разведке месторождений твёрдых полезных ископаемых, геолого-съёмочных и картировочных работах, гидрогеологических, инженерно-геологических и геохимических исследованиях.

При колонковом бурении очистка забоя осуществляется с помощью бурового насоса или компрессора путём нагнетания через колонну бурильных труб воды, глинистого раствора, эмульсии, полимерных жидкостей, пены, аэрированного раствора или сжатого воздуха.

Керн из скважины извлекается путём подъёма колонны бурильных труб, съёмными керноприёмниками или путём непрерывной транспортировки керна через двойную или одинарную колонну труб

обратным потоком промывочной жидкости в процессе бурения.

Диаметры применяемых коронок для геологоразведочного бурения 36-151 мм, для эксплуатации месторождений нефти и газа — до 305 мм.

Максимальная глубина колонкового бурения достигнута при бурении Кольской сверхглубокой скважины (свыше 12 км).

В зависимости от твёрдости и абразивных свойств горных пород для бурения используют буровые коронки и буровые долота колонковые (рис.10).

Частота вращения породоразрушающего инструмента при геологоразведочном бурении от 100 до 3000 об/мин, при эксплуатации месторождений на нефть и газ — от 60 при роторном бурении до 800-900 об/мин притурбинном бурении. Колонковым бурением проходят вертикальные, наклонные, восстающие, многозабойные скважины в породах с разнообразными физико-механическими свойствами.



**Рис. 10 Буровые коронки для керна бурения**

Перспективно колонковое бурение, исключая подъем бурильной колонны для извлечения керна, получает распространение плавное регулирование частоты вращения

инструмента и автоматизация регулирования режимных параметров бурения.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие способы бурения применяются при геологоразведочных работах?
2. В чем заключаются особенности ударного бурения?
3. Как осуществляется вращательное бурение?
4. Как происходит разрушение пород при колонковом бурении?

### ***Рекомендуемая литература***

1. Бурение разведочных скважин: учеб.: рек. Мин. обр. обр. РФ/ Н.В. Соловьев [и др.]; под общ. ред. Н.В. Соловьева. – М.: Выс. шк., 2007. – 904 с.
2. Техника разведки : учеб. метод. комплекс для спец. 130301/ сост. С.М. Авраменко. – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011. - 48 с
3. Зиньков А.В. Буровые станки и бурение скважин / А.В. Зиньков, Л.Б. Черемисина. – Владивосток, 2008. – 167 с.

## **1.5 Конструкции скважин**

### **1.5.1 Общие сведения о конструкциях разведочных скважин**

Под конструкцией скважины понимают характеристику буровой скважины, определяющую изменение её диаметра с глубиной, а также диаметры и длины обсадных колонн.

Исходными данными для построения конструкции скважины колонкового бурения являются физико - механические свойства горных пород, наличие пористых и неустойчивых интервалов и конечный диаметр бурения.

Построение конструкции скважины по проектному геологическому разрезу ведут снизу вверх.

Конструкция скважины должна быть такой, что бы обеспечивалось качественное выполнение геологического задания, максимально использовались прогрессивные способы бурения, снижалась

металлоемкость и повышалась производительность работ. Следовательно, качество и эффективность буровых работ предопределяются конструкцией скважины.

Конструкция скважины выбирается и обосновывается, исходя из следующих данных: целевое назначение, глубина, физико – механические свойства горных пород, конечный диаметр, способ бурения и параметры бурового оборудования.

В зависимости от твердости, абразивности и других свойств пород, слагающих геологический разрез, выбираются наиболее прогрессивные методы бурения.

Устанавливается глубина скважин, которая зависит от глубины залегания полезного ископаемого или исследуемого слоя (горизонта).

Скважина, как правило, должна углубляться на 10-20 м целевого горизонта, что связано с необходимостью надежного его исследования геофизическими методами при каротаже.

После этого выбирается предельно минимальный диаметр бурения, обеспечивающий получение надежной геологической пробы по длине (линейный выход керна) и его массе.

Конечный диаметр можно определить, если известно требование к массе пробы, которая зависит от диаметра керна.

$$d_k = \sqrt{4m / \pi l K} \quad (3)$$

где  $m$  – надежная масса пробы, кг

$l$  – длина керна, м

$\rho$  – плотность полезного ископаемого, кг/м<sup>3</sup>

$K$  – коэффициент линейного выхода керна

Для полезных ископаемых заданный выход керна обычно не ниже 75-80%, значит  $K = 0,75 \div 0,8$ .

$$D_k = d_k + 2S + 2\delta \quad (4)$$

где  $S$  – толщина стенки коронки, мм  
 $\delta$  - величина зазора между поверхностью коронки и керном, мм (принимается по величине выхода внутренних подрезных резцов коронки)

Выбор конечного диаметра бурения зависит от способа бурения, энергетических возможностей бурового станка. При алмазном бурении конечные диаметры бурения 76,59,46 мм, самый распространенный диаметр -59 мм. При твердосплавном бурении конечные диаметры могут быть 112,93,76,59 мм. Минимальные диаметры бурения обеспечивают повышение устойчивости стенок скважин, пробуренных в неустойчивых породах.

После определения конечного диаметра устанавливают интервалы, требующие крепления обсадными трубами. Необходимо стремиться, чтобы число обсадных труб и их диаметры были минимальными. Это вызвано технологическими и экономическими требованиями.

Применение высококачественных промывочных жидкостей зачастую позволяет резко уменьшить расход обсадных труб и трудоемкость работ. Применять обсадные трубы необходимо для закрепления устья скважины, предохранения его от размыва и отвода восходящего потока промывочной жидкости (направляющая труба длиной 4-6 м); перекрытия верхних неустойчивых горизонтов пород (кондуктор); изоляция зон поглощения, водопроявлений, обвалов и осыпей; перекрытия зон карстов и старых подземных горных выработок и т.д.

Обсадные колонны в скважине располагают концентрично, и выводят на поверхность за исключением потайных колонн. Потайные колонны применяются при закреплении интервалов на значительной глубине с целью экономии труб или для оборудования фильтровых колонн, с целью из последующего извлечения, при необходимости.

Для каждой обсадной колонны определяют интервал цементации затрубного пространства.

Составленная конструкция скважины должна быть максимально простой: минимальные диаметры и ступенчатость, минимум обсадных труб. При таком подходе затраты на трудоемкость снижаются, а производительность буровых работ увеличивается.

### **1.5.2 Конструкции скважин на воду**

Выбор и обоснование конструкции скважин — важнейшие мероприятия, от которых зависят качество выполняемых работ, их экономичность. Конструкции артезианских скважин в зависимости от назначения должны отвечать определенным требованиям.

*Так, конструкции разведочных скважин должны обеспечивать:*

- высококачественное опробование всех или в зависимости от назначения некоторых из вскрытых водоносных горизонтов;
- экономичность (стоимость применяемых материалов, трудовые затраты и др.);
- наименьший по возможности диаметр ствола скважины;
- повторное использование фильтра и обсадных труб;
- простоту ликвидации скважины и высококачественный ликвидационный тампонаж.

*Конструкции эксплуатационных скважин должны обеспечивать:*

- высококачественное вскрытие продуктивных водоносных горизонтов с целью их эксплуатации при минимальных сопротивлениях прифильтровых зон;
- длительный срок эксплуатации и минимальный темп снижения производительности;
- выполнение ремонтных и восстановительных работ;
- тщательную изоляцию водоносных горизонтов друг от друга, за исключением тех, которые эксплуатируются совместно;

- экономичность (стоимость применяемых материалов, трудовые затраты и др.);
- минимально возможный диаметр ствола скважины;
- наименьшие сопротивления при подъеме воды насосом.

Таким образом, приведенные требования к конструкциям скважин весьма специфичны и в ряде случаев находятся в сложной зависимости между собой. Поэтому выбор и обоснование той или иной конструкции скважин должны базироваться на тщательной оценке всех факторов и в первую очередь тех, которые для конкретных условий производства работ являются главными.

Построение конструкции скважины начинают с прифилтровой зоны после определения конечного диаметра скважины, типа и конструкции прифилтровой зоны.

Конечный диаметр, как известно, должен обеспечивать определенную производительность и проведение необходимого комплекса гидрогеологических исследований и наблюдений. Тип и конструкция фильтра зависят от водовмещающих пород, химического состава подземных вод, возможного срока службы фильтра и др.

Для эксплуатационных скважин проводят тщательную затрубную цементацию, что исключает, с одной стороны, связь отдельных водоносных горизонтов между собой, их загрязнение и смещение, а с другой — повышает антикоррозионные свойства обсадных труб и увеличивает срок их службы.

Диаметр долота в этом случае определяют из условия:

$$D_d = D_m + 2b, \quad (5)$$

где  $D_d$  — диаметр долота, мм;

$D_m$  — диаметр муфты обсадной трубы, мм;  $b$  — зазор, мм.

При 250 мм  $b = 20—50$  мм. Чем больше выход колонн, тем больше принимается зазор. В последние годы при бурении скважин на нефть и газ применяют уменьшенные значения зазоров — 7—15 мм.

Однако это возможно только при использовании высококачественных цементных растворов и правильной технологии цементирования скважин.

Первая колонна — кондуктор служит для крепления верхних интервалов ствола скважины и устья. Эксплуатационная колонна обеспечивает крепление ствола скважины на больших глубинах. В эксплуатационной колонне обычно устанавливают насос для подъема воды. В скважинах глубиной более 300 м и в случае вскрытия неблагоприятных интервалов (сильное поглощение промывочной жидкости и др.) может устанавливаться промежуточная техническая колонна. Цементацию проводят при высоких значениях скоростей подъема цементных растворов в затрубном пространстве (более 1,0—1,5 м), иначе качество затрубной цементации будет неудовлетворительным.

Во всех случаях обсадные колонны снабжают центрирующими фонарями. В конструкции скважины различают следующие элементы кондуктор (направление), эксплуатационную колонну и фильтр.

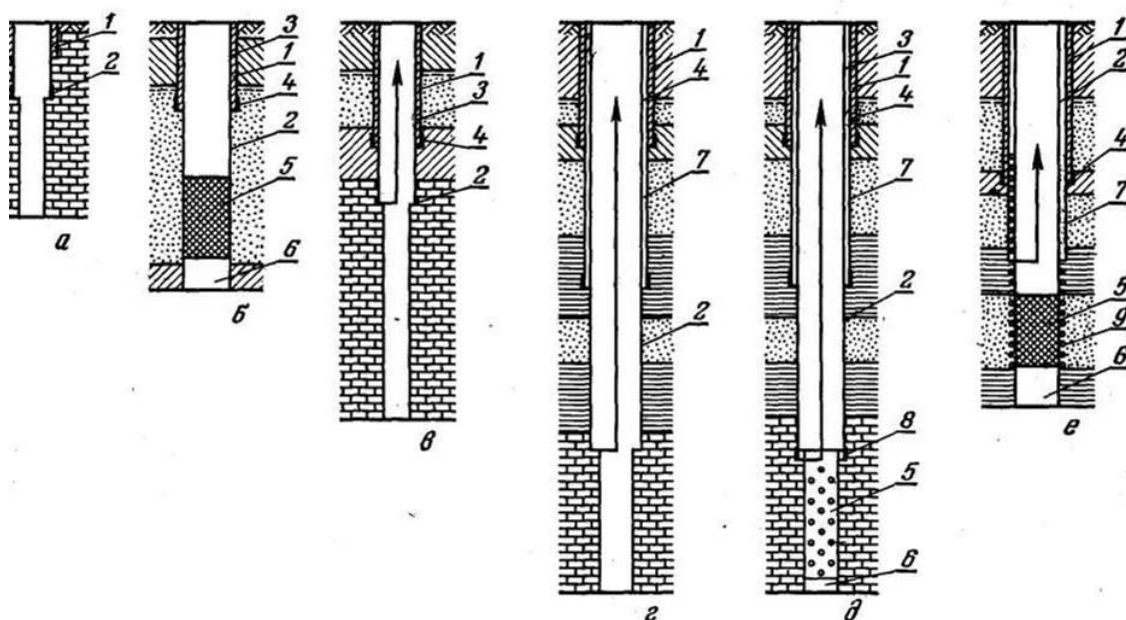
Чаще всего фильтр устанавливают «впотай» (рис. 11), так как в этом случае его можно при выходе из строя поднять и заменить новым.

В устойчивых водовмещающих породах фильтр не устанавливают. В неустойчивых водовмещающих породах применяют фильтры различных типов и конструкций.



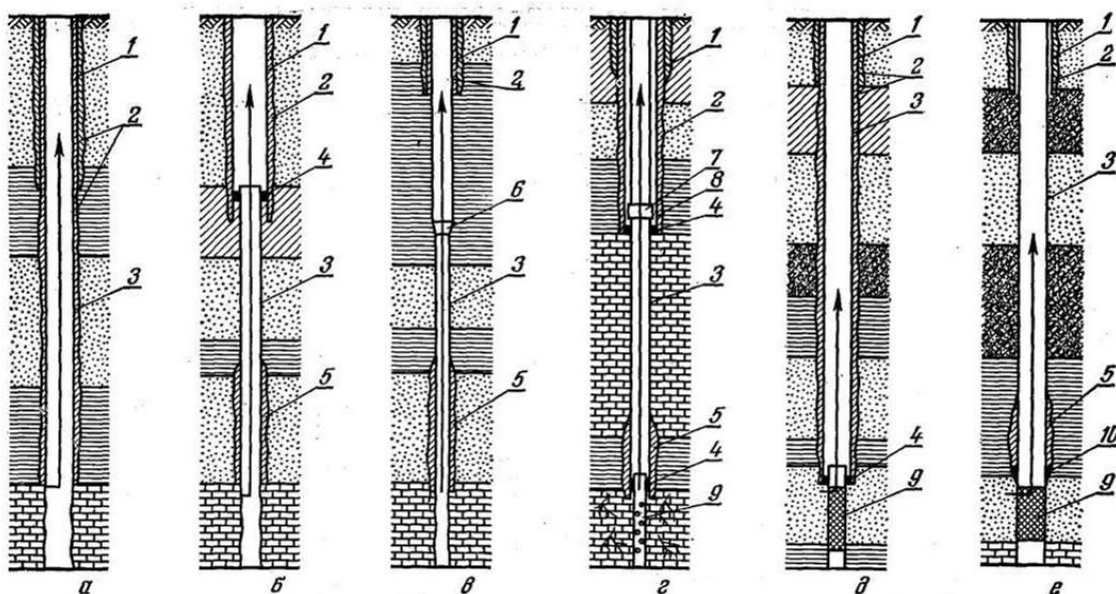
**Рис. 11 Конструкция фильтра «впотай»**

Фильтр может быть смонтирован на эксплуатационной колонне, а изоляцию вышележащих водоносных горизонтов осуществляют путем затрубной цементации через манжету (рис.12 ,13)..



**Рис.12 Типовые конструкции скважин на воду при ударно-канатном бурении**

Если у такой скважины при эксплуатации снижается производительность, то заменить фильтр в случае выхода его из строя практически невозможно. Понятно, что рекомендации по применению одноколонных конструкций скважин на воду, несмотря на их простоту и дешевизну, могут относиться только к тем районам, где срок службы составляет не менее 10—15 лет, в противном случае это может привести к неоправданному увеличению объема бурения скважин и расходу обсадных труб. При установке высокопроизводительного насоса верхний интервал ствола бурят и обсаживают колонной соответствующего размера.



**Рис.13 Типовые конструкции скважин на воду при вращательном бурении**

В случае каптажа высоконапорных, самоизливающихся и термальных водоносных горизонтов их герметизацию осуществляют обязательно цементацией обсадных колонн до устья с применением цемента высокого качества. При больших глубинах бурения в ряде случаев затрубную цементацию до устья можно заменить

подбашмачной, если исключены гидравлическая связь водоносных горизонтов, потери напоров и загрязнение подземных вод.

Если проводят манжетную цементацию на какой-либо интервал, но не до устья скважины, то затраты средств и времени мало отличаются от соответствующих затрат при затрубной цементации обсадных колонн до устья, но хорошее качество цементации при этом гарантировать трудно. Манжетную цементацию проводят после работ по освоению и разглинизации, в противном случае фильтр и сам водоносный пласт будут длительное время находиться в контакте с глинистым раствором, а это усложнит работы по разглинизации.

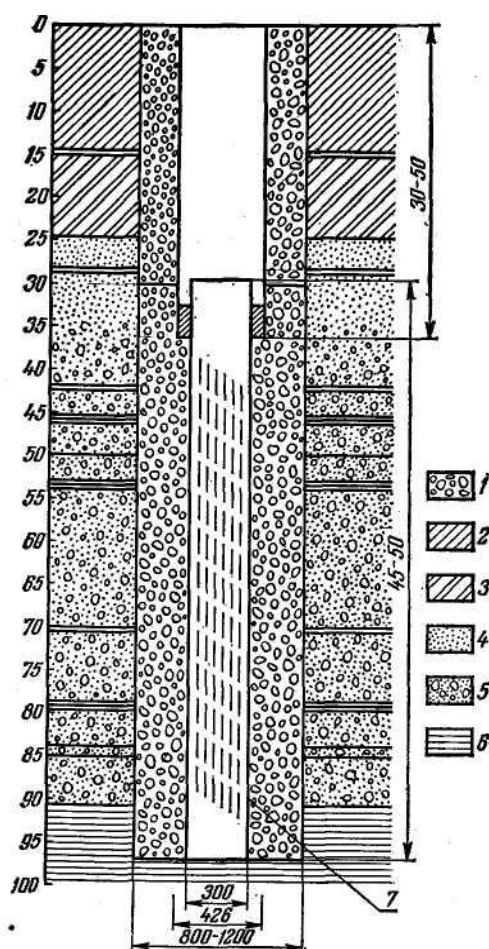
Применение обуславливает наличие в конструкции скважины участка обсадной колонны, которая непосредственно контактирует с породой. Если скважина эксплуатационная и подземные воды агрессивны к металлу, то из-за возможности коррозии и преждевременного выхода обсадной колонны из строя такую конструкцию не применяют. В ряде случаев (при большой глубине скважин, частом переслаивании пород разной твердости, агрессивности подземных вод) применяют обсадные колонны, в том числе и хвостовики с затрубной цементацией и последующим прострелом перфораторами или вскрытием гидропескоструйным способом.

При каптаже водоносных горизонтов, представленных неустойчивыми трещиноватыми и гравелистыми породами, их крепят фильтрами дырчатого и щелистого типа. В рыхлых неустойчивых породах используют сетчатые, проволочные, блочные и гравийные фильтры.

Гравийно-обсыпные фильтры широко применяют в скважинах, пройденных вращательным способом с обратной промывкой (Гаврилко, 1974). Гравийно-обсыпные фильтры требуют установки дырчатого или

щелевого каркаса, причем последний обычно является эксплуатационной колонной (рис. 14).

Установку каркасов фильтров впотай проводят реже, так как это связано с определенными трудностями оборудования скважин, а замена таких каркасов практически все равно трудновыполнима.



**Рис. 14 Конструкция скважины большого диаметра с искусственным гравийным фильтром**

1-гравий; 2 –суглинки; 3- супеси; 4- пески; 5-пески с гравием и галькой; 6- глины.

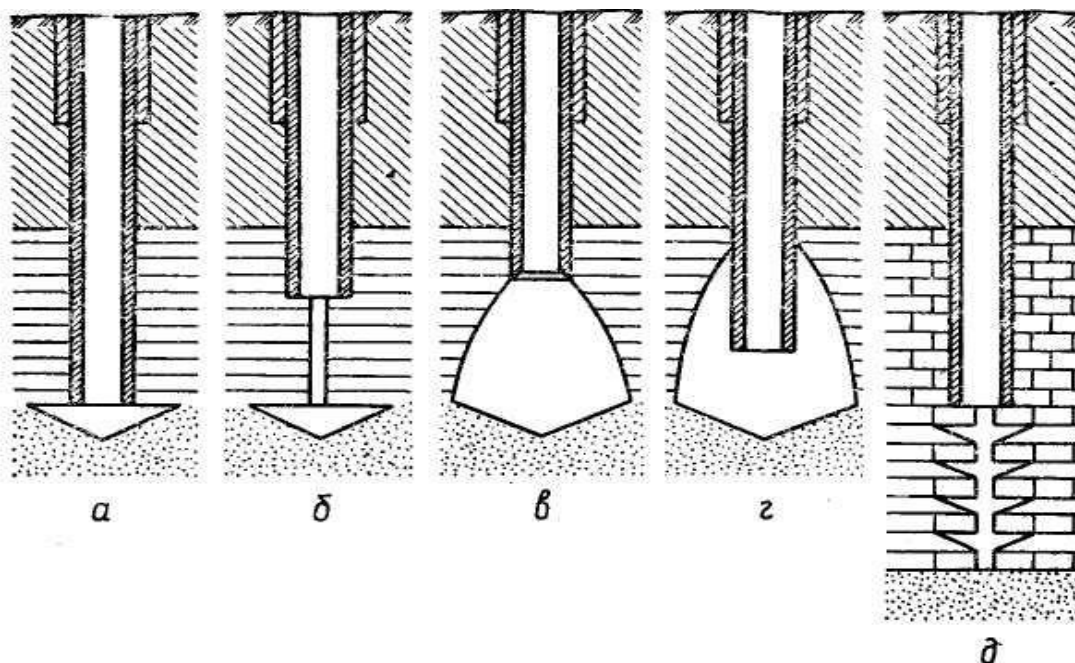
Гравий засыпают через устье (при небольшой глубине скважины) крупными порциями, чтобы не было расслоения обсыпки. При глубинах скважины более 80—100 м обсыпку ведут через питательные трубы диаметром от 70 до 100 мм. Гравий засыпают в

скважину с таким расчетом, чтобы его уровень был выше кровли водоносного горизонта.

Учитывая возможное снижение уровня гравия при эксплуатации скважин, гравийную обсыпку делают с некоторым запасом.

Если все же уровень гравия понизится до кровли водоносного горизонта, то проводят повторную обсыпку. В тех случаях, когда водоносные пески представлены тонкозернистыми и мелкозернистыми разностями, используют двухслойные гравийные обсыпки. Для этого применяют дополнительную колонну обсадных труб. Двухслойные гравийные обсыпки наиболее распространены при ударно-канатном способе проходки скважин. В практике водоснабжения и гидрогеологических исследований двухслойные обсыпки из-за технологической сложности используют весьма редко.

В рыхлых породах при устойчивой кровле с успехом применяют бесфильтровые скважины (рис.15) .



*Рис.15 Типовые конструкции бесфильтровых скважин*

Если проводят каптаж двух водоносных горизонтов, часто гидравлически активных связанных между собой и представленных различными породами, то устанавливают два фильтра различной конструкции на одной колонне.

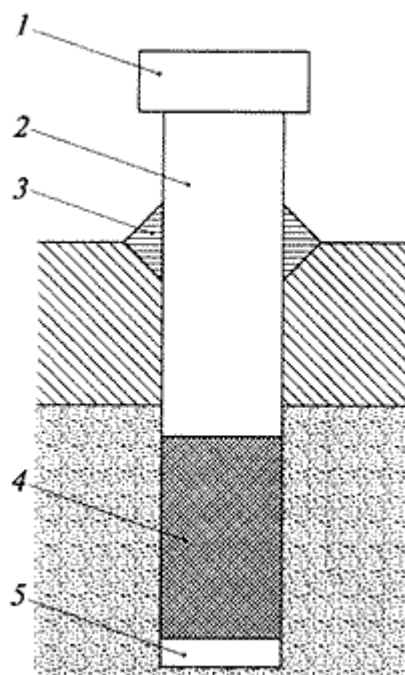
Верхний фильтр сетчатого типа отделен от нижнего фильтра дырчатого типа цементной пробкой. Разглинизацию (освоение) фильтров ведут отдельно, причем вскрытие водонасыщенных известняков рекомендуется проводить с промывкой водой. Из-за технологической сложности такие конструкции скважин применяют довольно редко.

Наблюдательные (пьезометрические) скважины на первый (верхний) водоносный горизонт оборудуют одной колонной труб с фильтром на конце (рис. 16).

В верхней части делают цементный или глинистый замок на глубину до 0,5 м для предупреждения загрязнения водоносного горизонта, а колонну оборудуют охранным оголовком.

Если наблюдательную скважину бурят на второй и более глубокие водоносные горизонты, то его необходимо изолировать от вышележащих водоносных горизонтов. Это достигается спуском обсадной колонны до кровли водоупорных пород и установкой фильтра «впотай».

Тампонаж чаще всего проводят с помощью задавливания башмака в глинистые породы или путем установки глинистой пробки.



**Рис. 16** *Схема конструкции наблюдательной скважины на первый водоносный пласт*

*1- оголовок; 2- фильтровая колонна; 3- глинистый или цементный замок; 4- фильтр; 5- отстойник*

Установку фильтра в наблюдательные скважины рекомендуется проводить без применения глинистой промывки, в противном случае необходима тщательная разглинизация. Конструкции фильтров наблюдательных скважин подбирают, так же как и в опытных скважинах, по литологическому составу водоносного слоя, но в связи с тем, что фильтры наблюдательных скважин не рассчитывают на длительный отбор из них воды, можно использовать фильтры больших сопротивлений.

После оборудования скважины проводят экспресс налив, по результатам которого строят график зависимости превышения уровня налива над статическим от скорости снижения уровня. Этот график служит характеристикой инерционности пьезометра, так как позволяет при известной скорости изменения уровня в скважине судить о погрешности пьезометра.

Если сопротивление фильтра оказывается слишком большим, то проводят повторную прокачку скважины или заменяют фильтр.

В настоящее время неглубокие пьезометрические скважины (до 50 м) бурят в основном установками комбинированного и роторного типа.

Способ установки пьезометра заключается в задавливании его в водоносные пески, на дневной поверхности делают цементный или глинистый замок.

При вращательном бурении с глинистым раствором можно использовать также фильтры с защитным кожухом.

Если бурение ведут в рыхлых породах и надо опробовать все встреченные при бурении водоносные горизонты, то существующие способы опробования требуют обсадки скважины трубами, установки фильтра, его разглинизации и последующей откачки. Такая схема опробования требует смены диаметра бурения, из-за чего практически более 2—3 опробований в одной скважине провести нельзя. Известны случаи, когда для проведения таких исследований закладывают не одну, а две скважины: одна скважина опробует два верхних водоносных горизонта, другая — два нижних.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что влияет на выбор конструкции скважины?
2. В чем заключаются особенности конструкций скважин ударно-канатного бурения?
3. Какие конструкции скважин рекомендуются при вращательное бурение?
4. Чем отличается конструкция скважины на воду?
5. Какие обязательные требования предъявляются ко всем конструкциям скважин?

### ***Рекомендуемая литература***

1. Бурение разведочных скважин: учеб.: рек. Мин. обр. обр. РФ/ Н.В. Соловьев [и др.]; под общ. ред. Н.В. Соловьева. – М.: Выс. шк., 2007. – 904 с.
2. Техника разведки : учеб. метод. комплекс для спец. 130301/ сост. С.М. Авраменко. – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011. - 48 с
3. Зиньков А.В. Буровые станки и бурение скважин / А.В. Зиньков, Л.Б. Черемисина. – Владивосток, 2008. – 167 с

## 1.6 Промывка и продувка скважин

### 1.6.1 Назначение и классификация промывочных жидкостей

Периодическую промывку скважин начали применять со второй половины XIX в., когда был изобретен ударный способ бурения скважин. При этом было доказано, что наилучшая очистка забоя от выбуренной породы достигается при доливании в скважину небольшого количества воды.

Применение вращательного способа бурения скважин привело к необходимости непрерывной промывки их в процессе бурения. Вода была первой промывочной жидкостью и при этом способе бурения.

Развитие технологии бурения показало, что при разбурировании глинистых отложений образующийся в скважине глинистый раствор значительно облегчает процесс проходки скважины. Поэтому стали не только сохранять глинистый раствор, образовавшийся в скважине, но и искусственно готовить его на поверхности.

С ростом глубины скважин требования к их промывке все более возрастали, что обусловило создание новых промывочных жидкостей.

*Основные функции промывочных жидкостей:*

- вынос разбуренных частиц породы на поверхность;
- удерживание частиц выбуренной породы во взвешенном состоянии при прекращении циркуляции;
- создание противодействия на стенки скважины, а, следовательно, предотвращение обвалов породы и предупреждение проникновения в скважину газа, нефти и воды из разбуриваемых пластов;
- глинизация стенок скважины;
- охлаждение долота, турбобура, электробура и буровой колонны;
- смазка трущихся деталей долота, турбобура;
- передача энергии турбобуру;

- защита бурового оборудования и буровой колонны от коррозии.

Промывочная жидкость должна быть инертной к воздействию температуры, минерализованных пластовых вод и обломков выбуренной породы.

Промывочные жидкости классифицируются следующим образом:

- на водной основе, представителями которой являются вода и глинистые растворы;
- на неводной основе, к которым относятся углеводородные растворы (нефтяные);
- азрированные жидкости.

#### *Промывочные жидкости на водной основе*

Вода в качестве промывочной жидкости может быть применена в районах, где геологический разрез сложен твердыми породами, не обваливающимися в скважину без глинизации ее стенки. В этих условиях промывка скважины водой становится наиболее выгодной из-за ее малой вязкости и относительно небольшой плотности. В результате уменьшаются гидравлические сопротивления в буровой колонне, турбобуре, долоте и затрубном пространстве, улучшаются условия работы буровых насосов, повышается их подача и увеличивается мощность турбобура.

Однако как промывочная жидкость вода имеет два существенных недостатка. Во-первых, возникает опасность прихвата буровой колонны, так как вода не способна удерживать во взвешенном состоянии обломки выбуренной породы при прекращении циркуляции. Во-вторых, могут быть обвалы пород со стенок скважины, так как вода не обеспечивает должного гидростатического давления. Кроме того, обвалы объясняются физико-химическим воздействием воды на породу, слагающую стенку скважины.

Глинистые растворы готовят из глины и воды. Однако для приготовления качественного раствора пригодна не всякая глина.

Глина представляет собой смесь глинистых материалов, придающих ей пластичность, и твердых минералов (песка, карбонатов), усложняющих процесс приготовления качественного глинистого раствора. Наиболее распространенные глинистые минералы, входящие в состав глин: каолинит  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , галлуизит  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , монтмориллонит  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Для получения глинистого раствора хорошего качества необходимо применять высокосортную глину и совершенные методы приготовления глинистого раствора. Качество глинистого раствора характеризуется многими параметрами: плотностью, вязкостью, водоотдачей, статическим напряжением сдвига и др.

*Плотность* — параметр, с помощью которого определяется гидростатическое давление, создаваемое столбом раствора в скважине на данной глубине.

В неосложненных условиях бурения плотность раствора поддерживается на уровне 1,18— 1,2 г/см<sup>3</sup>. При разбуривании горизонтов, предрасположенных к обвалам пород, плотность раствора увеличивают. Для утяжеления промывочной жидкости применяют минералы барит (плотность которого 4,5 г/см<sup>3</sup>) и гематит (плотность 5,19 — 5,28 г/см<sup>3</sup>). При прохождении трещиноватых кавернозных пластов, наоборот, плотность промывочной жидкости уменьшают.

*Вязкость* — параметр, характеризующий свойство раствора оказывать сопротивление его движению.

При бурении в пористых, трещиноватых породах с небольшим пластовым давлением, поглощающих промывочную жидкость, высокая вязкость последней способствует закупорке пор и каналов в пласте. При

бурении в пластах, содержащих газ, приходится уменьшать вязкость для лучшего прохождения пузырьков газа через столб жидкости.

*Водоотдача* — способность раствора при определенных условиях отдавать воду пористым породам.

При бурении скважины глинистый раствор под влиянием перепада давления проникает в поры пластов и со временем закупоривает (глинизирует) их. Образовавшаяся на стенках скважины глинистая корка со временем препятствует проникновению в пласты даже очень мелких частиц глины, но не задерживает воду, отделяющуюся от глинистого раствора.

Если применять глинистый раствор низкого качества, то на стенках скважины образуется толстая, рыхлая и неплотная корка, через которую отфильтровывается вода в пласт. Это сужает ствол скважины, что может вызвать прилипание (прихват) бурильной колонны. Кроме того, проникновение отфильтрованной воды в породы может привести к их набуханию и обвалам. В связи с этим всегда стремятся максимально снизить водоотдачу глинистого раствора.

*Статическое напряжение сдвига* — усилие, которое требуется приложить, чтобы вывести раствор из состояния покоя. Этот параметр характеризует прочность структуры, образующейся в растворе и возрастающей с течением времени, прошедшего с момента перемешивания глинистого раствора. Определяют его 2 раза: 1) через 1 мин после интенсивного перемешивания; 2) через 10 мин после перемешивания. Статическое напряжение сдвига определяют приборами разного типа.

При нормальных условиях бурения рекомендуется поддерживать статическое напряжение не более  $20 \text{ мг/см}^2$ . Глинистый раствор с большим статическим напряжением сдвига (до  $200 \text{ мг/см}^2$  и более)

применяется для предупреждения поглощения глинистого раствора в пористые пласты.

*Стабильность* характеризует способность раствора сохранять плотность длительное время.

Для измерения стабильности раствор наливают в цилиндрический сосуд, имеющий отверстия в дне и в средней части. После его отстаивания в течение 24 ч определяют плотность раствора из проб, отобранных из верхней и нижней частей сосуда. Разница в значениях плотности раствора характеризует меру стабильности. Для неосложненных условий бурения стабильность должна быть не более 0,02.

*Суточный отстой* характеризует коллоидные свойства промывочной жидкости. Для его определения хорошо перемешанный раствор наливают в градуированный цилиндр объемом 100 см<sup>3</sup> и оставляют в покое на сутки. Для высококачественного раствора значение суточного отстоя должно быть равно нулю.

*Содержание песка* — это количество в растворе частиц породы, не способных растворяться в воде. Определяют содержание песка по объему образовавшегося осадка (в растворе, выходящем из скважины, в начале желобной системы и из приемного мерника, т. е. в растворе, поступающем в скважину) в специальном отстойнике при нахождении в нем разжиженного глинистого раствора.

*Степень очистки раствора* от выбуренной породы на поверхности представляет собой разницу содержания песка в этих пробах (в %).

#### *Промывочные жидкости на неводной основе.*

Для разбуривания аргиллитов, сланцевых глин, соленосных пород с промывкой скважин жидкостью на водной основе под воздействием отфильтрованной из раствора воды, как правило, происходят осыпи,

обвалы пород и растворение соленосных пород. В этих условиях желательно использовать неводные промывочные жидкости. Такие жидкости следует применять и при бурении в продуктивных пластах, так как нельзя допускать загрязнение коллекторов отфильтрованной водой.

Промывочные жидкости на неводной основе — сложная многокомпонентная система, в которой дисперсионной средой являются жидкие нефтепродукты, чаще всего дизельное топливо. Поэтому их называют растворами на углеводородной основе (РУО).

Наиболее распространены известково-битумные растворы (ИБР), в состав которых входят дизельное топливо, битум, окись кальция, поверхностно-активное вещество и небольшое количество воды. Для повышения плотности ИБР, если это необходимо, в раствор добавляют барит, имеющий большую плотность.

Растворы на углеводородной основе даже при большом перепаде давлений являются практически не фильтрующими жидкую фазу. Выбуренные частицы породы, в том числе глинистые, в таких растворах не распускаются, а частицы соленосных пород не влияют на качество раствора. Они не ухудшают проницаемость коллекторов продуктивных горизонтов.

Однако растворы на углеводородной основе чувствительны к температуре и поэтому их рецептура должна подбираться с учетом ожидаемой температуры на забое скважины.

Бурение с промывкой скважины растворами на углеводородной основе заставляет особенно строго соблюдать все правила противопожарной безопасности, а в связи с загрязнением рабочих мест нефтью требования к мероприятиям по охране труда рабочих возрастают. При бурении с промывкой такими растворами ухудшаются

условия проведения электрометрических работ в скважине. Растворы на углеводородной основе значительно дороже глинистых.

### **1.6.2 Продувка скважин воздухом**

Сущность продувки скважин воздухом заключается в том, что для очистки забоя, выноса выбуренной породы на дневную поверхность, охлаждения долота вместо промывочной жидкости в скважину нагнетают газообразные агенты: сжатый воздух, естественный газ и выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания.

Вынос выбуренной породы при продувке скважин воздухом осуществляется следующим образом. От компрессора сжатый воздух или газ по нагнетательному трубопроводу подается через буровой шланг и вертлюг в бурильную колонну и далее через отверстия в долоте на забой скважины. Поток воздуха или газа подхватывает кусочки выбуренной породы с забоя и по затрубному пространству поднимается к устью скважины. Затем смесь воздуха или газа с выбуренной породой направляется в выкидную линию, на конце которой установлен шламоуловитель. Устье скважины герметизируют специальным устройством для защиты людей и оборудования от выносимой из скважины пыли.

Применение продувки скважины воздухом или газом по сравнению с промывкой жидкостью имеет ряд преимуществ:

- увеличиваются механическая скорость бурения и проходка на долото за счет лучшей очистки забоя скважины от выбуренной породы, отсутствия гидростатического давления столба жидкости и улучшения условий охлаждения долота;
- улучшаются условия бурения скважины в трещиноватых и кавернозных породах, в которые при промывке скважины поглоща-

- ют промывочную жидкость, вызывая частичную или полную потерю циркуляции;
- облегчаются условия бурения скважины в безводных районах;
  - обеспечивается лучшая сохранность продуктивного горизонта (особенно с низким пластовым давлением), так как в данном случае нет отрицательного воздействия промывочной жидкости на поры пласта;
  - создаются условия для правильной оценки геологами поднимаемого керна и выносимых частиц породы в связи с отсутствием загрязненности породы промывочной жидкостью.

Однако продувку скважин воздухом можно применять не в любых геологических условиях, что ограничивает возможность использования этого метода очистки забоя скважины.

Наибольшие затруднения возникают при продувке скважины в процессе бурения в водоносных горизонтах со значительными водопритоками, когда в связи с увеличением гидростатического давления столба жидкости ухудшаются условия работы компрессоров. Большими трудностями сопровождается также разбуривание вязких пород (типа глин), способных налипать на стенку скважины и образовывать сальники на бурильной колонне. При наличии водопритоков и при прохождении обваливающихся и сыпучих пород применяют промывку забоя аэрированными глинистыми растворами (в поток воздуха добавляют воду).

Такой способ очистки скважины позволяет довольно легко устанавливать необходимое противодействие на проходимые пласты в целях избежания интенсивного притока воды в скважину и обвалов пород.

### ***Контрольные вопросы***

1. Назначение и классификация промывочных жидкостей
2. Промывочные жидкости на водной основе.

3. Глинистые растворы.
4. Продувка скважин.

### ***Рекомендуемая литература***

1. Бурение разведочных скважин: учеб.: рек. Мин. обр. обр. РФ/ Н.В. Соловьев [и др.]; под общ. ред. Н.В. Соловьева. – М.: Выс. шк., 2007. – 904 с.
2. Техника разведки : учеб. метод. комплекс для спец. 130301/ сост. С.М. Авраменко. – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011. - 48 с
3. Зиньков А.В. Буровые станки и бурение скважин / А.В. Зиньков, Л.Б. Черемисина. – Владивосток, 2008. – 167 с.
4. Волков С.А. Справочник по разведочному бурению./ С.А. Волков; А.С. Волков. – М.: Государственное научно – техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1963. - 547с.

## **1.7 Геолого-техническая документация скважин**

### **1.7.1 Геолого - технический наряд (ГТН)**

Геолого-технический наряд (ГТН) – это основной документ, которым руководствуется буровая бригада. Забуривание и бурение скважины запрещается без ГТН согласно « Правилам безопасности при геологоразведочных работах». ГТН выдается на каждую глубокую скважину или группу мелких скважин.

ГТН состоит из двух частей геологической и технической. геологическую часть наряда составляет геологический персонал. В процессе бурения геолог обязан по мере углубления скважины уточнять и пополнять фактический разрез, проставлять выход керна. В геологической части проекта особое внимание уделяется определению глубины залегания полезного ископаемого. Успех качественного перебуривания полезного ископаемого, требующего специальных технических средств и особого режима бурения, зависит от того, насколько точно будет определена глубина контакта вмещающих пород с кровлей полезного ископаемого. Для этого в ГТН, геологом указываются характерные признаки (маркирующие пласты).

Техническая часть ГТН разрабатывается техническим персоналом – инженерами – технологами, инженерами по бурению. При составлении ГТН учитывается опыт бурения предыдущих скважин, чтобы конструкции скважин и режимные параметры обеспечили требуемое качество, максимальную скорость и минимальные затраты. Главное внимание уделяется выбору технических средств и разработки режимов бурения по полезному ископаемому. В процессе бурения, особенно в слабоизученном геологическом разрезе, должны уточняться и исправляться технические и технологические параметры. ГТН утверждается главным инженером предприятия, ведущего буровые работы и выдается буровому мастеру для руководства и выполнения. Перед началом работ бригада детально изучает ГТН и руководствуется им в процессе работы.

### **1.7.2 Техническая документация**

Кроме документации, разрушающей бурение скважины (акт на ввод и эксплуатацию, ГТН), на буровой установке ведется и хранится следующая первичная документация: буровой журнал, журнал проверки состояния техники безопасности и различные акты (на ликвидацию осложнений и аварий, на проведение специальных работ в скважине).

Буровой журнал – основной первичный документ в деле скважины, который хранится в архиве геологоразведочной организации.

В буровом журнале бурильщик ежемесячно записывает выполненные работы: время, затраченное на каждую операцию или работу; интервалы бурения и выход керна; состав и размеры бурильной колонны, рабочие замеры; типоразмеры породоразрушающих инструментов; горные породы и их категории по буримости; режимы бурения и параметры промывочной жидкости; неполадки, простои и их

причины. Результаты бурения должны записываться отдельно по каждому рейсу. Кроме того, бурильщик отмечает в буровом журнале состояние техники безопасности и результаты осмотра бурового оборудования при приеме и сдаче смены.

Выход керна, породы и категория ее записывается в буровом журнале геологом, описывающим керн.

Буровой мастер и другие руководители записывают в буровой журнал оперативные распоряжения по технологии бурения и текущей организации работ. На основании записей бурового журнала буровой мастер (руководитель работ) заполняет рапорт (месячной или суточный), считающийся документом для начисления заработной платы членом буровой бригады. Рапорт подписывается буровым мастером и участковым геологом (гидрогеологом).

В «Журнал проверки состояния охраны труда» записываются состояние охраны труда и результаты осмотров по технике безопасности по результатам проверок руководителями предприятия.

Обслуживание бурового оборудования и планово-предупредительные ремонты (ППР), выполняющиеся в соответствии с графиками отмечаются в журналах ППР.

### **1.7.3 Геологическая документация**

Во избежание высыпания керна из колонковой трубы необходимо поднимать колонковое долото из скважины со скоростью 60—70 м/мин.

Горные породы, составляющие керн, по мере извлечения их из колонковой трубы последовательно укладывают в специальные керновые ящики, после этого керн очищают от глинистого раствора. При описании керна следует указывать размер частиц и характер их окатанности, степень засоренности глинистыми частицами,

цементирующий материал и степень сцементированности, характер слоистости, трещиноватость, включения, цвет и т. п., а также номер отобранного образца, глубину и мощность интервала, характеризуемого этим образцом.

После осмотра и описания керна намечают места отбора из него образцов для лабораторных исследований; составив схематический геологический разрез, указывают номера образцов, предназначенных для исследований. Эти образцы откладывают или выпиливают, парафинируют и снабжают этикеткой с указанием глубины взятия образца, а также номера образца и скважины. Для проведения исследований необходимо иметь керны диаметром не менее 45 мм, а образцы— длиной 110—120 мм.

Совершенно обязательно для разведочно-эксплуатационных скважин, пробуренных роторным способом, проводить геофизические исследования.

Результаты их должны сопоставляться с данными перечисленных непосредственных наблюдений, которые надлежит учитывать при обработке и интерпретации каротажных диаграмм.

К геофизическим (каротажным) исследованиям относятся: методы КС и ПС, гамма-каротаж, нейтронный гамма-каротаж, резистивиметрия, электротермометрия, инклинометрия и пр.

При исследованиях и документации неглубоких и несложных конструкций скважин с простым геолого-гидрогеологическим разрезом в хорошо изученных районах допускается ограничивать геофизические исследования двумя методами (КС и ПС). Для решения же более трудных задач на скважинах, глубоких и сложных по конструкции, в районах, малоизученных в гидрогеологическом отношении, необходимо проводить более полный комплекс геофизических исследований.

## *Отбор кернa*

Керн служит основным материалом для изучения геологического строения разреза скважины, является главным прямым источником и носителем информации о свойствах горных пород, обеспечивая визуальное и непосредственное их изучение. Он используется для определения относительного и абсолютного возраста, вещественного состава, петрографических, физических, физико-химических и других характеристик горных пород на всех стадиях геологоразведочного и нефтепромыслового процесса.

Для получения кернa в скважину на бурильных трубах опускают керноотборный снаряд. Снизу к нему присоединяют породоразрушающий инструмент. Для предотвращения изгиба и повышения сохранности кернa корпус керноотборного снаряда, передающий нагрузку и вращение породоразрушающему инструменту выполняется жестким толстостенным со стабилизаторами.

Периодически (через 0,5–6 м и более) керн заклинивают, отрывают от забоя, поднимают на поверхность вместе с колонковым снарядом и извлекают из колонковой трубы. Извлечение кернa из бурового снаряда осуществляется работниками буровой бригады в присутствии геолога. Применяют почти непрерывную транспортировку кернa по внутренней полости колонны труб на поверхность; при этом керн извлекается аккуратно, без нарушения его ориентации с обязательной фиксацией глубины отбора кернa в скважине.

Первичная раскладка кернa осуществляется прямо на буровой. Керн очищают ветошью, бумагой или отмывают от бурового раствора в емкости с водой, затем укладывают в специальные керноприемные ящики или на землю в строгой последовательности с его извлечением из колонковой трубы.

Интервалы, из которых поднят керн, разделяют деревянными брусками, досками и т.д. Одновременно подписывают (на разделителях или на этикетках) глубину отбора, проходку и выход керна.

Мелкие кусочки и обломки керна, последовательность которых невозможно установить, помещают в мешочки или заворачивают в плотную бумагу и укладывают в ящики в той же последовательности, что и керн.

Если в назначенном интервале керн не отбирался, в ящик укладывают этикетку с указанием, в каком интервале глубин вынос керна отсутствовал.

К сохранности и качеству керна предъявляются требования, обеспечивающие достоверность сведений о составе и строении вскрытых скважиной горных пород и полезных ископаемых. Контроль и наблюдение за условиями и качеством керна осуществляются представителями технологической и геологической службы предприятий.

Сохранность керна оценивается его линейным или объемным выходом – процентным отношением суммарной длины (или фактической массы) поднятого керна к длине пробуренного интервала (или расчетной массе для пробуренного интервала) скважины. Выход керна регламентируется инструкциями. Доля керна при сплошном отборе в общем информационном обеспечении геологоразведочных работ может достигать 70–80 %.

При бурении снарядами серии КИМ выход керна составляет 90 % и более (из неконсолидированных пород не менее 75 %). Стопроцентный выход керна позволяет с полной достоверностью изучать горные породы, пересечённые буровой скважиной, и определять запасы полезного ископаемого.

К специальным методам извлечения керна относятся отбор ориентированного керна и герметизация керна.

#### *Отбор ориентированного керна.*

Отбор ориентированного керна позволяет уточнить геологическую модель залежи, определить потенциальную нефтедобычу, режим разработки месторождения и др., так как дает точную геологическую информацию:

- об углах падения пластов,
- о направлениях их простирания,
- о пространственном распределении характеристик коллекторов,
- о тенденциях изменения пористости и проницаемости.

Ориентация керна достигается при помощи специального чертящего башмака, расположенного ниже кернорвателя, который выполняет на керне три насечки. Одна насечка служит для идентификации, две других расположены от нее под углом  $135^\circ$  по окружности поперечного сечения керна.

Пространственная ориентация поднятого на поверхность керна осуществляется по результатам его палеомагнитного анализа и определения положения насечек, нанесенных на керн, относительно сторон света (направления север–юг).

#### *Укладка и документация керна*

Поднятый и очищенный от бурового раствора керн подвергается предварительной подготовке. Она включает в себя укладку образцов в ящики, упаковку ящиков и операции по их маркировке, а также составление сопровождающих керн документов.

Укладка керна производится в специальные керновые ящики, изготовленные из дерева и разделенные на продольные секции шириной чуть более диаметра керна с пятью (для керна  $d=80\text{мм}$ ), четырьмя (для

керн  $d=100$  мм) или шестью (для керн  $d=60$  мм) продольными секциями (рис.17).



*Рис. 17 Керн, уложенный в ящики*

Ящики изготавливаются из строганой доски хвойных пород толщиной 20-25 мм с размером по длине между внутренними стенками строго 1 м.

Ящик обвязывается металлической лентой или проволокой. Крышка закрепляется на шарнирах.

Кроме деревянных ящиков, керн укладывают также в картонные коробки, состоящие из двух секций длиной по 1 метру и пластиковые пеналы. Деревянные ящики и пластиковые тубы чаще всего используют для перевозки керн, картонные коробки – при закладке керн на постоянное хранение.

Керн укладывается последовательно (слева направо) в порядке возрастания глубины скважины в строгом соответствии с его положением в колонковой трубе (укладка в "строчку"). Запрещается укладывать керн в ящики "змейкой" – в два и более рядов в одной секции ящика. В случаях, когда керн не помещается в ящик, керновая колонка разбивается на куски, при укладке куски совмещают по плоскости раскола.

Уложенный керн, сопровождается этикеткой, по высоте и ширине соответствующей размерам ячейки ящика (80:80; 100:100; 60:60 мм) и выполненной из фанеры или строганой тонкой рейки. Этикетка (бирка) составляется в двух экземплярах: первая помещается в начале интервала отбора керна, вторая – в конце. Надписи на этикетках должны быть выполнены шариковой ручкой, водостойким фломастером или маркером. Нельзя делать записи на бумаге, картоне, щепках, ткани и других подручных материалах.

На этикетке указываются:

- название площади (месторождения),
- номер скважины,
- номер керна (его начало, продолжение, конец керна),
- интервал отбора керна,
- проходка (метры),
- выход (вынос) керна (метры, %).

В конце керновой колонки поперек торца перегородки ящика делается зарубка, и с двух сторон от нее подписываются интервалы отбора керна с пометкой «конец керна» (слева) и «начало керна» (справа); стрелкой от начала интервала указывается направление укладки керна. В начале и конце ящика также помещаются этикетки, на которых кроме вышеперечисленных сведений дополнительно указывается номер ящика и «начало керна № \_\_\_», «продолжение керна № \_\_\_» или «конец керна № \_\_\_\_\_».

*Маркировка ящиков.* Деревянные ящики обязательно снабжаются крышками, что обеспечивает сохранность керна при транспортировке и хранении. Крышка закрепляется на шарнирах, другой край крышки при транспортировке закрепляется гвоздями.

В деревянных ящиках крышки после заполнения ящичков керном забиваются гвоздями, ящики укладываются в штабели для отправки на хранение в кернохранилище.

Во избежание путаницы все ящики нумеруются и маркируются, а в штабеле соблюдается их последовательное размещение.

Подписи делают на торцевых и лицевой сторонах ящика, а также на его крышке.

На лицевой стороне подписывается (номер ящика, название площади (месторождения), номер скважины, год отбора, номер керна (его начало, продолжение, конец керна), интервал отбора керна, проходка (метры), выход (вынос) керна (метры, %)).

На боковых торцевых сторонах и на крышке ящика подписывается номер ящика, площадь и номер скважины и, в случае необходимости, дублируются другие данные. Кроме этого наносят стрелки, указывающие направление укладки керна.

В левом верхнем углу ящика указывается «верх», в правом нижнем – «низ», соответствующие верхней и нижней частям интервала с отбором керна. Подписывается номер ящика.

Заполненные керном ящики вывозятся со скважины и передаются по акту в стационарное кернохранилище.

На отобранный керн в рабочем журнале составляется ведомость отбора керна, в которой в табличной форме фиксируется информация, получаемая при проходке скважины: номер керна, номера долбления, интервалы отбора керна, вынос керна. Это наиболее стабильная часть данных, которая подлежит уточнению и восстановлению, но фактически не меняется со временем. Основными источниками этих данных являются записи в буровых журналах и на этикетках, сопровождающих керновый материал.

В ведомости указывается также количество ящиков, приводятся сведения поинтервального уложения кернa в ящиках, общая длина пройденного с отбором кернa интервала и общий выход кернa. Вся составленная документация подписывается документатором кернa, проставляется дата.

К качеству отбора кернa и его документации предъявляются повышенные требования, так как точность любых геологических построений напрямую зависит от того, насколько полно и качественно отобран, уложен и задокументирован керн.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое геолого - технический наряд (ГТН)?
2. Техническая документация при бурении скважин
3. Геологическая документация скважин.
4. Отбор и документация кернa?

### ***Рекомендуемая литература***

1. Бурение разведочных скважин: учеб.: рек. Мин. обр. обр. РФ/ Н.В. Соловьев [и др.]; под общ. ред. Н.В. Соловьева. – М.: Выс. шк., 2007. – 904 с.
2. Техника разведки : учеб. метод. комплекс для спец. 130301/ сост. С.М. Авраменко. – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011. - 48 с
3. Зиньков А.В. Буровые станки и бурение скважин / А.В. Зиньков, Л.Б. Черемисина. – Владивосток, 2008. – 167 с.

## **Глава 2. Проведение горных выработок**

### **2.1 Типы горных выработок и их назначение**

#### **2.1.1 Общие сведения о горных выработках**

Горные выработки – это искусственные выемки в массиве горных пород. Назначение их может быть разным. Они применяются достаточно широко при разработке месторождений в горнодобывающей промышленности, при проведении геологоразведочных работ, как инженерные сооружения в фортификации или при создании коммуникационных и транспортных сетей. Размеры их самые разные. В данном учебном пособии рассматриваются те выработки, которые применяются в геологии при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых, такие выработки называют геологоразведочными.

*По отношению к дневной поверхности* все горные выработки делятся на *открытые* (поверхностные) и *подземные*. Различать их можно по форме поперечного сечения. Для подземных это сечение замкнуто контуром стенок, а для открытых выработок контур поперечного сечения открыт со стороны дневной поверхности. Сам объем выработок для определения их типа при этом не имеет никакого значения.

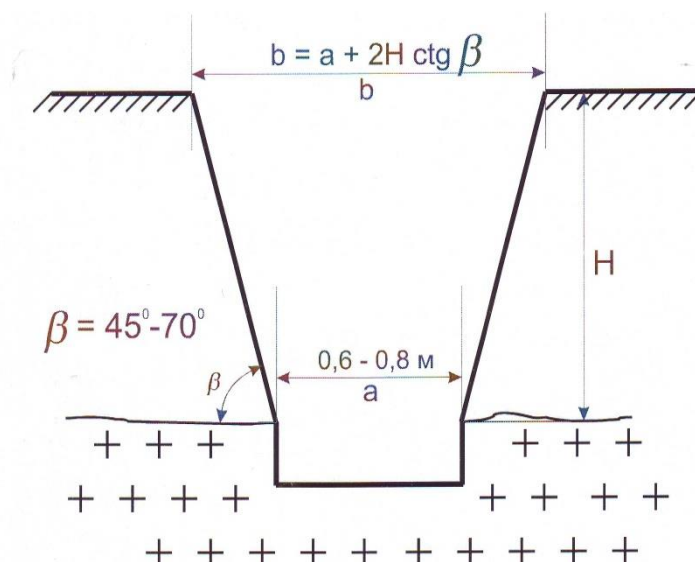
*Горный карьер* – огромная по объему выработка, но она открытая, так же как и мелкая закопушка, а вот даже неглубокий *шурф* – это уже подземная выработка.

#### **1.1.2 Открытые (поверхностные) выработки**

К ним относятся закопушки, расчистки, канавы, траншеи, карьеры. *Элементами* формы выработок являются их *дно* (полотно) и *боковые* стенки. *Забоем* называют технологический элемент формы выработки,

который перемещается по мере проходки. В шурфе это дно, в штольне – торцевая стенка, а в канаве то и другое. Размер поперечного сечения выбирается минимально возможным и определяется задачами проходки, глубиной залегания геологического объекта, устойчивостью боковых стенок и возможностью обеспечения нормальных условий ведения работ.

*Канавы* - представляют собой неглубокие протяженные выработки, которые широко применяются на стадии поисковых и оценочных работ для обнажения рудных тел и коренных пород, залегающих близко к поверхности (рис.18).



**Рис. 18 Типовое сечение канав**

Глубина канав обычно не превышает трех метров, а длина – сотни метров. Они проходятся обычно без крепления, им придается трапециевидное поперечное сечение, с наклоном стенок внутрь выработки под углом естественного откоса, обеспечивающего их устойчивость (порода со стенок не осыпается).

Ширина канавы по полотну обычно 0,6 м, а на поверхности в зависимости от наклона стенок от метра и более. Угол наклона стенок зависит от степени связности пород, чем устойчивей порода, тем круче угол, следовательно, меньше объем проходки. Для глин угол естественного откоса составляет  $70^{\circ}$ , для песков  $50^{\circ}$ , для скальных пород – около  $90^{\circ}$ .

*Траншеи* от канав отличаются большей протяженностью, глубина их может достигать пяти метров, поэтому поперечный их профиль может быть ступенчатым, с дополнительными площадками – бермами для перевала породы. Может при этом применяться и искусственная крепь. Траншеи обычно проходятся уже на стадии оценки и разведки месторождений или их вскрытия для отработки.

*Закопушка* – самая мелкая по объему горная выработка, это небольшая ямка. Применяется обычно при картировании и для отбора проб горных пород с поверхности.

*Расчистка* – это искусственное обнажение, неглубокое, но большое по площади, форма неправильная и определяется контуром необходимого вскрытия породы. Применяется при изучении геологических структур или отбора больших по объему проб.

*Карьер* – большая по площади и глубине открытая эксплуатационная выработка неопределенной формы, зависящей от расположения и морфологии рудных тел (рис. 19).



### *Рис.19 . Псилерахский карьер флюсовых известняков*

Угольные карьеры называются также *разрезами*.

#### **2.1.3 Подземные горные выработки**

По отношению к вектору силы тяжести подземные горные выработки делятся на горизонтальные, вертикальные и наклонные. По направлению ведения проходческих работ различают нисходящие, когда они проходятся сверху вниз, и на восстающие, когда ведутся снизу вверх. К вертикальным ,относятся шурф и шахтный ствол, к горизонтальным – штольня, штрек, квершлаг и др. (рис.21).

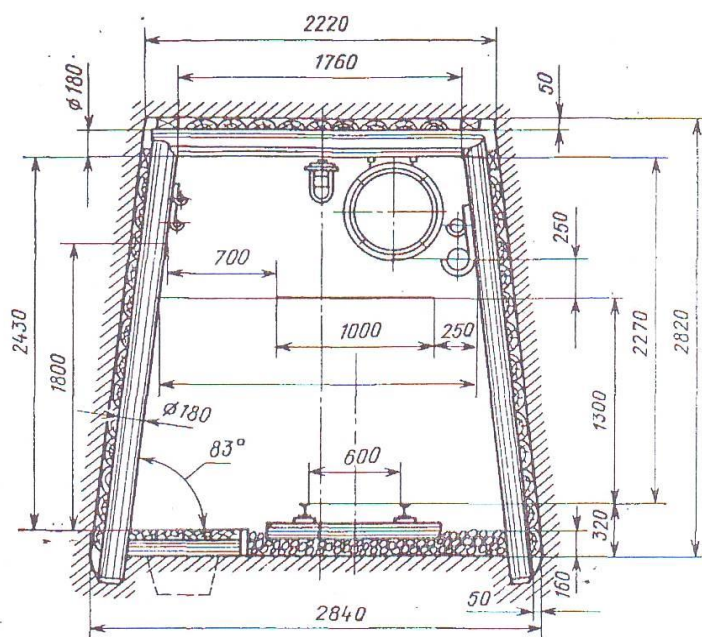
##### *Горизонтальные выработки.*

*Штольня* – в отличие от других типов горизонтальных выработок имеет непосредственный выход на дневную поверхность, называется так независимо от направления проходки. Применяется для вскрытия объекта с поверхности в условиях расчлененного рельефа. Начало выработки – это ее устье, конец – забой, различают также кровлю, полотно и боковые стенки. Параметры штолен могут быть различными. Длина достигает нескольких километров, форма поперечного сечения преимущественно трапециевидная или сводчато-прямоугольная. Для штолен и других подземных горных выработок выделяют понятия:

- площадь поперечного сечения «вчерне» – без крепления;
- «в свету» – закрепленная выработка;
- «в проходке» – с учетом неточностей отбойки контуров горной выработки, примерно на 10 % больше площади сечения «вчерне».

При проходке придерживаются стандартных размеров выработки в ее поперечном сечении, которому придают или форму трапеции, когда применяют деревянную крепь, или сводчато-прямоугольную при бетонной крепи.

Площадь поперечного сечения «вчерне» рассчитывается с учетом диаметра элементов крепи, ширины зазоров между крепью и стенками выработки. Типовое сечение приведено на рисунке 20.



**Рис.20 Типовое сечение трапецевидной формы геологоразведочной выработки с деревянной крепью**

Поперечное сечение выбирается также из расчета применения крепи, высоты выработки, зазоров между крепью и боковыми породами, высоты и ширины откаточного оборудования, ширины свободного прохода, высоты балластного слоя. Для расчета ширины выработки по кровле и подошве и площади сечения учитываются допустимые зазоры между стенками, кровлей выработки и откаточным оборудованием, которые устанавливаются на основании требований техники безопасности и приводятся в справочной литературе.

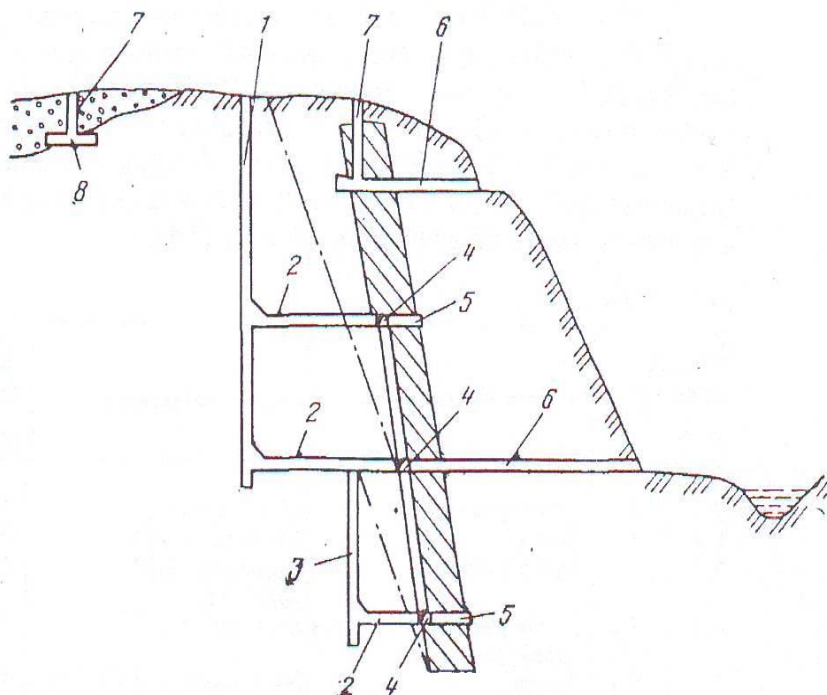
Все горизонтальные горные выработки проходятся с некоторым подъемом (0,002–0,008) для удаления воды из выработки самотеком.

*Штрек* – горизонтальная выработка, не имеющая непосредственного выхода на дневную поверхность, проходима по простиранию тел полезных ископаемых при наклонном их залегании, а при горизонтальном залегании тела – в любом направлении по протяженности месторождения.

*Квершлаг* – горизонтальная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проходима по вмещающим породам или по телу полезного ископаемого под углом к их простиранию, чаще всего вкрест простирания.

*Орт* проходится по мощности полезного ископаемого и не выходит за его пределы.

*Рассечка* проходится из другой выработки под любым углом к телу полезных ископаемых, может выходить за его пределы. Длина обычно не большая и не превышает 20–30 м.



**Рис.21. Схема расположения подземных горных выработок:**

1- ствол шахты; 2-квершлага;3-слепой ствол;4-штреки;5-орты; 6- штольни;  
7-шурфы;8- рассечка

*Вертикальные выработки*

*Шурф* – вертикальная выработка квадратного, прямоугольного или круглого сечения (шурфы круглого сечения носят название дудок), имеющая непосредственный выход на земную поверхность. Из шурфов нередко проходят горизонтальные выработки: рассечки, квершлага, штреки. Имеет типовые размеры в свету и чаще всего прямоугольную форму поперечного сечения. Площадь сечения шурфа в общем случае зависит от его глубины. Шурфы сечением 0,8 и 0,9 м<sup>2</sup> проходятся на глубину до 20 м, шурфы сечением 1,3 м<sup>2</sup> проходятся на глубину до 30 м, 3,2 м<sup>2</sup> предусмотрено проходить на глубину до 40 м. Площадь сечения и размеры шурфа вчерне определяются в зависимости от толщины крепи.

Действительная площадь сечения в проходке несколько больше. Допускается увеличение площади в 1,04–1,12 раза.

Проходческое звено, как правило, состоит из трех человек: двое на поверхности, один в шурфе, при площади поперечного сечения более 2 м<sup>2</sup> на забое могут работать двое проходчиков.

*Шахтный ствол* имеет большее, чем шурфы сечение, большую глубину. Форма сечения обычно квадратная, размером от 4–6 до 10–16 м<sup>2</sup> (в зависимости от глубины, объема работ и сроков выполнения). Имеет выход на дневную поверхность. В некоторых случаях шахтный ствол проходится из горизонтальных подземных выработок, например из штолен, и называется «слепым».

*Гезенк* в отличие от шахтного ствола не имеет непосредственного выхода на дневную поверхность, служит для спуска грузов и людей с верхнего на нижние горизонты.

## *Наклонные выработки*

*Уклон* - проходится по падению пласта полезного ископаемого. При добыче полезного ископаемого используется обычно для подъема грузов с нижнего горизонта на верхний.

*Бремсберг* также проходится по падению полезного ископаемого, но в отличие от уклона используется для спуска грузов и людей с нижнего на верхний горизонт.

*Восстающий* – это выработка, которая не имеет выхода на дневную поверхность и проходится снизу вверх под любым углом.

### ***Контрольные вопросы***

1. Типы горных выработок и их назначение
2. Открытые (поверхностные) выработки
3. Подземные горные выработки

### ***Рекомендуемая литература***

1. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых: учеб: доп. УМО/ В.В. Авдонин и др.; под ред. В.В. Авдонина. – М.: Академический Проект: Мир, 2007. – 540 с.
2. Техника разведки : учеб. метод. комплекс для спец. 130301/ сост. С.М. Авраменко. – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та. 2011. - 48 с
3. Брылов С.А. Горно-разведочные и буровзрывные работы: учебник для вузов / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, В.И. Комащенко. – М.: Недра, 1989. – 287 с.
4. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок / В.П. Оксененко. – Ч. I. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1974. – 200 с.
5. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок / В.П. Оксененко. – Ч. II. – Воронеж, 1974. – 146 с.
6. Шехурдин В.К. Горное дело /В.К. Шехурдин, В.И. Несмотряев, П.И. Федоренко. – М.: Недра, 1987. – 440 с.

## **2.2 Способы и средства ведения проходческих работ**

### **2.2.1. Горно-технические характеристики и классификации горных пород**

Физико-механические свойства горных пород являются главными факторами, определяющими выбор оборудования и технологию добычи. К наиболее существенным из этих свойств относятся *крепость* и *устойчивость*.

*Крепость* – комплексная характеристика горных пород, характеризующая их сопротивляемость разрушению и зависящая от таких свойств как твердость, вязкость, трещиноватость и от наличия прослоек и включений.

Понятие крепости введено проф. М. М. Протоdjаконовым, который предложил для ее количественной оценки использовать коэффициент крепости  $f$ . В первом приближении величина  $f$  обратно пропорциональна пределу прочности породы при сжатии  $\sigma_{сж}$ . Поскольку коэффициент крепости связан с прочностью пород, его можно рассчитать в простейшем случае по формуле:

$$f = 0,01 \sigma_{сж}, \quad (6)$$

где  $\sigma$  – предел прочности пород при сжатии, Па, для многих пород составляет от 5 до 200 МПа.

Горные породы по сопротивляемости разрушению от воздействия внешних сил классифицируют по относительной крепости, удельной работе разрушения, буримости и взрываемости.

*Классификация горных пород* по крепости разработана М.М. Протоdjаконовым в 1926 г. Согласно этой классификации все горные породы разбиты на 10 категорий. К первой категории отнесены породы наивысшей крепости ( $f = 20$ ), к десятой – наиболее слабые плавучие породы ( $f = 0,3$ ).

На выбор метода ведения взрывной отбойки горных пород от массива оказывает влияние *взрываемость*, под которой понимают сопротивляемость породы разрушению взрывом. Взрываемость определяется количеством эталонного взрывчатого вещества,

необходимого для разрушения породы объемом 1 м<sup>3</sup> (показатель удельного расхода ВВ). Для определения удельного расхода ВВ (кг/м<sup>3</sup>) применительно к конкретным породам используют различные классификации пород по взрываемости, например Единую классификацию пород по буримости и взрываемости проф. А. Ф. Суханова.

*Буримость* горной породы характеризует ее способность сопротивляться проникновению в нее бурового инструмента и интенсивность образования в породе шпура или скважины под действием усилий, возникающих при бурении. Буримость породы характеризуют скоростью бурения (мм/мин), реже – продолжительностью бурения 1 м шпура (мин/м).

*Единая классификация горных пород по буримости* разработана Центральным бюро промышленных нормативов по труду для нормирования горно-разведочных работ. Буримость – это сопротивляемость породы разрушающему действию инструмента в процессе бурения,

Основной критерий для отнесения пород к той или иной категории по буримости – машинное время бурения 1 м шпура в стандартных условиях. В этой классификации породы разбиты на 20 категорий, а по буримости классифицированы только в пределах IV–XX категорий.

Породы I–III категорий предусмотрено разрабатывать отбойными молотками.

Другие классификации разработаны для расчета норм и различных расходных показателей применительно к отдельным производственным процессам (например, Единая классификация горных пород по буримости и взрываемости, в основу которой положены скорость бурения и удельный расход взрывчатых веществ).

*Устойчивость горных пород* – это их способность сохранять равновесие при обнажении. Устойчивость горных пород зависит от их структуры и физико-механических свойств, величины возникающих в породном массиве напряжений. Устойчивость пород является одним из основных признаков для выбора систем подземной разработки, определения ее параметров и способов крепления горных выработок.

По устойчивости горные породы условно разделены на пять групп:

- весьма неустойчивые горные породы, не допускающие обнажения кровли и боков выработки. К ним отнесены плавучие, сыпучие и рыхлые горные породы;
- неустойчивые горные породы, допускающие некоторые обнажения боков выработки, но требующие возведения крепи вслед за проведением выработки. К таким породам отнесены влажные пески, слабо-цементированный гравий, обводненные или сильно разрушенные горные породы средней крепости;
- средней устойчивости, допускающие обнажение кровли на сравнительно большой площади, но требующие постановки крепи при длительном обнажении. Это достаточно уплотненные мягкие породы средней крепости, реже крепкие и трещиноватые;
- устойчивые породы допускают обнажения кровли и боков на большой площади, поддержание требуется только в отдельных местах. Это мягкие, средней крепости и крепкие породы;
- очень устойчивые допускают без поддержания обнажения на большой площади и длительное время (десятки лет). Крепить выработки в таких породах не требуется.

## 2.2.2 Способы проходки горных выработок

Проходка горных выработок – трудоемкий процесс. Специфика геологоразведочных работ в том, что они ведутся преимущественно в условиях с недостаточно развитой инфраструктурой или при ее полном отсутствии. Проходка горных выработок может осуществляться тремя основными способами:

- 1) механизированным с применением специальных землеройных машин;
- 2) вручную с применением шанцевого инструмента;
- 3) с применением буровзрывных работ.

Способы проходки выбирают в зависимости от геологических и географо-экономических условий и масштабов проходческих работ.

Геологические параметры сводятся к физико-механическим характеристикам горных пород, мощности покровных отложений и стадии геологоразведочных работ, определяющей масштабы и интенсивность работ.

Механизированный способ проходки возможен в мягких, сыпучих, вязких трещиноватых горных породах (I–V категорий) и предусматривает использование экскаваторов, бульдозеров, скреперов и некоторых других агрегатов. Наиболее целесообразен на стадии поисков и разведки с относительно большими объемами проходческих работ.

Проходка вручную осуществляется при небольших объемах работ или при невозможности применения землеройных машин в рыхлых, мягких и трещиноватых горных породах. В некоторых случаях возможна проходка вручную в крепких трещиноватых или слоистых породах с применением клиньев.

В твердых породах категорий VI–XX и мерзлых породах всех категорий проходка горных выработок осуществляется с применением буро- взрывных работ.

### **2.2.3 Буровзрывной способ проходки горных выработок**

При разведке месторождений буровзрывные работы наиболее широко используют в процессе проведения горных выработок, реже БВР применяют в геологоразведочных партиях при прокладке наземных транспортных трасс в гористой местности и при сооружении производственных площадок, с которых осуществляют разведочное бурение или проводят подземные горные выработки. Эти работы наиболее распространены при отбойке пород средней и выше средней крепости (коэффициент крепости  $f > 2$ ).

Назначение буровзрывных работ – предварительное рыхление скальных пород.

*Буровзрывные работы (БВР)* – это комплекс взаимосвязанных технологических процессов, выполняемых с целью отбойки и дробления скальных горных пород при проходке горных выработок. БВР состоят из нескольких последовательных процессов: бурение шпуров (скважин), размещение в них зарядов ВВ (заряжание) и взрывание этих зарядов.

Скважины предназначены для размещения зарядов ВВ.

*Шпур* представляет собой искусственное цилиндрическое углубление (канал) в горной породе диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м.

*Скважиной* называют канал цилиндрической формы любого диаметра глубиной более 5 м или любой глубины диаметром более 75 мм.

*Взрывные работы* – это работы по заряданию и взрыванию зарядов взрывчатых веществ (ВВ).

*Заряданием* называют процесс размещения заряда в зарядной камере, *взрыванием* – процесс производства взрыва заряда ВВ.

#### **2.2.4. Горнопроходческий цикл**

Технологический комплекс проходки горной выработки включает совокупность отдельных процессов и операций, которые выполняются в определенной последовательности.

В состав работ на забое входят: основные проходческие операции; взрывные работы и вентиляция; составление геологической документации.

Основные проходческие операции включают: бурение шпуров; уборку породы; крепление горной выработки; вспомогательные операции (монтаж оборудования, устройство освещения, водоотвод, настилка путей и др.). Все эти работы выполняются в определенной последовательности горнопроходческой бригадой.

*Горнопроходческий цикл* – это повторяющаяся совокупность основных проходческих операций, выполняемых в определенной последовательности между двумя взрывными отбойками породы в забое горной выработки.

Интервал горной выработки, который проходится за один горнопроходческий цикл, называется «*заходка*».

От длины заходки будет зависеть скорость проходческих работ. Короткие заходки снижают производительность работ, но их длина ограничена шириной выработки. Кроме того, она ограничена и длительностью рабочей смены. Чтобы обеспечить эффективность работ, необходимо учесть все выше обозначенные ограничения и условия.

Однако в конечном счете производительность труда будет зависеть от того насколько полно в течение смены будут задействованы все члены проходческой бригады. Этому можно достичь такой организацией труда, когда отдельные так называемые «непроизводительные» операции проходческого цикла будут выполняться между сменами или циклами в пределах смены. К таким операциям можно отнести зарядку и взрывание, вентиляцию, в некоторых случаях крепление горной выработки. При этом возможно совмещение операций цикла, а также и совмещение разных видов работ отдельными членами бригады при неполной их занятости. В практике горных работ наиболее распространены схемы организации, в которых предусмотрено выполнение одного цикла в смену. Длина заходки, при которой продолжительность горнопроходческого цикла равна или кратна продолжительности смены называется *рациональной длиной заходки*.

Такая длина заходки обеспечивает максимальную производительность труда.

Для канав, в которых все работы укладываются в один цикл, расчет рациональной длины заходки не производится, он производится для подземных выработок, проходка которых осуществляется в течение ряда циклов.

Расчет длительности одного цикла производится на основании утвержденных норм выработки по каждой операции проходческого цикла.

При этом вначале определяют суммарную длительность производительных работ по их видам из расчета длины заходки, равной одному метру стандартного сечения выработки (шурф или штольня), а далее берут отношение общих затрат труда всей бригады (точнее тех ее членов, которые могут работать одновременно на забое в течение

цикла) к сумме затрат труда, определяемых по нормам на один погонный метр выработки:

$$L = m \cdot n / Q, \quad (7)$$

где  $L$  – рациональная длина заходки, м;

$m$  – продолжительность смены, час;

$n$  – число рабочих на забое;

$Q$  – затраты труда на проходку одного метра выработки стандартного сечения, чел/час.

В шурфе на забое может работать только один человек, в горизонтальных выработках из расчета  $2 \text{ м}^2$  на человека. Длительность рабочей смены принимается равной 6 часам в подземных (при глубине более трех метров).

Надо иметь в виду то обстоятельство, что разные породы будут проходиться с разной длиной заходки – чем тверже порода, тем короче будет заходка и наоборот. Поэтому при проектировании работ это необходимо учитывать: или проводить отдельные расчеты, или делать их усредненными.

Для наглядного отображения организации работы строится график цикличности, на котором показывается последовательность проведения отдельных операций в пределах одного цикла и рабочей смены и их длительность.

### **2.3 Вентиляция горных выработок**

Нормальный атмосферный воздух представляет собой довольно постоянную смесь газов и паров воды. Обычно в сухом атмосферном воздухе содержится около 79 % азота, 20,6 % кислорода и 0,4 % углекислого газа (по объему).

Воздух, заполняющий горные выработки, называется рудничным воздухом. Атмосферный воздух, проходя по подземным выработкам претерпевает ряд химических и физических изменений: с одной

стороны, уменьшается содержание кислорода и увеличивается содержание углекислоты за счет дыхания людей, горений ламп, гниения и т.п., а с другой – к воздуху присоединяются выделяемые горными породами вредные газы, образующиеся при взрывных работах, а также пыль. Кроме того, изменяется влажность и температура атмосферного воздуха, его давление и удельный вес. Состав рудничного воздуха отличается более низким содержанием кислорода, обогащен оксидами углерода, метаном, сероводородом, сернистым газом, оксидами азота, имеет более высокую влажность, температуру и содержание пыли.

Вентиляция (проветривание) горных выработок является основным фактором улучшения и оздоровления условий труда и повышения безопасности работ, на нее обращается серьезнейшее внимание.

Состав рудничной атмосферы и основные правила вентиляции строго регламентированы Правилами безопасности.

*Согласно технике безопасности* рудничный воздух должен содержать по объему не менее 20 % кислорода и не более 0,5 % углекислого газа, температура не должна превышать 25°.

Задачами вентиляции подземных выработок являются:

- обеспечение выработок пригодным для дыхания воздухом;
- поддержание в них нормальной температуры и влажности.

Существуют два основных метода проветривания горных выработок: 1) проветривание методом естественной тяги системы подземных выработок; 2) принудительное проветривание.

В соответствии с Правилами безопасности при геологоразведочных работах за счет диффузии (естественным путем) проветриваются горизонтальные выработки протяженностью менее 10 м, а вертикальные – глубиной менее 5 м; подземные горизонтальные выработки протяженностью более 10 м, а вертикальные – глубиной более 5 м при

нахождении в них людей должны непрерывно проветриваться с помощью вентилятора (рис.22).



**Рис. 22 Вентиляторы шахтные -ВМЭ-5, ВМЭ-5/1**

### ***Контрольные вопросы***

- 1.Какой воздух называется рудничным?
2. Состав рудничного воздуха.
- 3.Способы вентиляции горных выработок.

### ***Рекомендуемая литература***

1. Брылов С.А. Горно-разведочные и буровзрывные работы : учебник для вузов / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, В.И. Комащенко. – М.: Недра, 1989. – 287 с.

## **2.4 Крепление горных выработок**

### **2.4.1 Понятие о горном давлении**

Горные выработки испытывают воздействие сил, возникающих при нарушении изостатического равновесия в горном массиве в результате создания в нем искусственной выемки. Они проявляются как *горное давление*.

Характер проявления горного давления зависит от геологических

факторов, размеров горных выработок, а также способов проведения последних.

При проведении горных выработок вокруг них происходит перераспределение существующих напряжений, которые вызывают те или иные деформации. Если возникшие деформации не выходят за пределы упругих, то выработка может простоять без крепи долгое время. Однако такие идеальные условия встречаются далеко не всегда. В тех случаях, когда возникающие деформации становятся пластическими, контуры выработки могут изменяться. При дальнейшем развитии деформации происходит разрыв сплошности массива, сопровождающийся выпадением отдельных кусков породы, а иногда обрушением кровли и обвалами стенок. Чтобы воспрепятствовать развитию чрезмерных напряжений в массиве горных пород и предотвратить разрушение горных выработок применяют различные конструкции, которые называются крепью, а процесс их возведения и установки – креплением. Установлено, что горное давление изменяется во времени. Вначале оно нарастает довольно быстро, давление этого периода называется *первичным*. Затем его рост постепенно уменьшается и по истечении некоторого времени прекращается; горное давление этого периода называется *вторичным*, или установившимся. На протяжении второго периода в кровле горизонтальных выработок завершается образование трещин и формирование свода обрушения, а величина нагрузки, испытываемая крепью, в дальнейшем оказывается постоянной. Лучше всего результаты горного давления проявляются в горизонтальных выработках.

При проходке горизонтальных выработок горное давление проявляется, главным образом, в кровле выработки и в меньшей мере – со стороны боковых стенок. В некоторых случаях горное давление может проявляться и со стороны подошвы выработки.

Если горизонтальная выработка не закреплена, а породы недостаточно прочны и устойчивы, то по мере обрушения в кровле образуется свод, а бока скашиваются и выработка приобретает подковообразную форму.

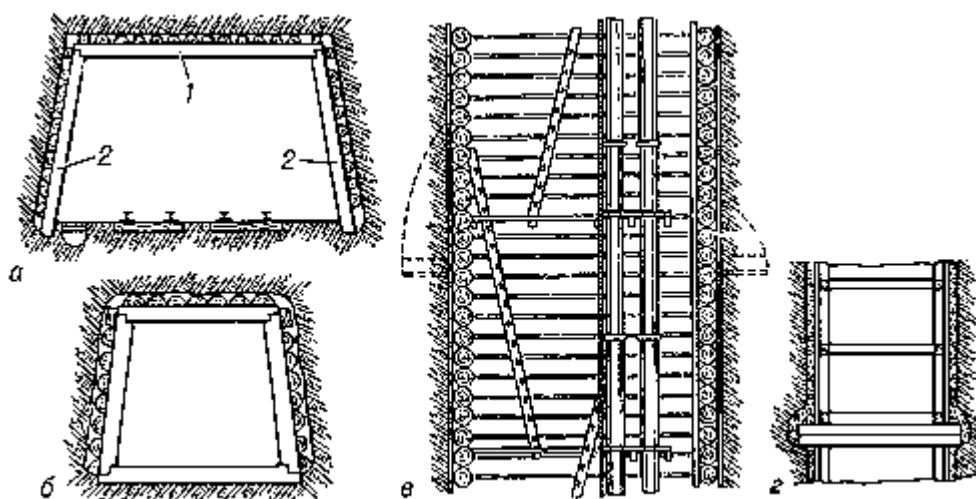
Наиболее правильная форма свода образуется при однородных породах. С образованием такого свода выработка может простоять довольно долгое время без нового обрушения. Поэтому такой свод называют сводом естественного равновесия. По этой же причине выработка сводовой или трапециевидной формы сечения будут более устойчивы против обрушения, чем выработки, например, прямоугольного сечения.

Образование сводов естественного равновесия может быть многократным и по причине буро-взрывных работ в близких забоях, и по причине выветривания горных пород, что всегда имеет место в самих выработках. В таком случае новые своды равновесия будут иметь все большие размеры.

#### **2.4.2 Материалы для изготовления рудничной крепи**

Крепление горных выработок производится деревянной, бетонной, каменной и металлической крепью (рис.23).

Дерево издавна применяется для крепления горных выработок из-за его относительно большого сопротивления механическим нагрузкам, небольшого веса, упругих свойств и легкой механической обработки.



**Рис. 23 Деревянные крепи:**

*а — трапецевидная крепёжная рама; б — полная рама (с лежнем); в — сплошная венцовая крепь; г — венцовая крепь на стойках; 1 — верхняк; 2 — стойки.*

При проходке горно-разведочных выработок ему и сейчас отдают предпочтение. Ограниченный срок службы древесины в данном случае вполне обеспечивает безопасное состояние выработки на всем протяжении ее использования. В последнее время при проходке горно-разведочных выработок довольно часто начинают использовать металлическую крепь, но применяют ее преимущественно лишь тогда, когда на месте производства разведочных работ нет крепежного леса, а его доставка будет экономически нецелесообразной. Кроме того, металлическая крепь (бетонная, каменная и т. д.) может применяться при специальных методах проходки в сложных геологических или гидрогеологических условиях.

Для повышения сопротивления деревянной крепи гниению ее пропитывают специальными растворами-антисептиками, которые препятствуют развитию в ней различных гнилостных бактерий и

грибков. В качестве антисептиков применяются, например, фтористый натрий, хлористый цинк, уралит, триалит и др.

Для повышения огнестойкости деревянная крепь обмазывается жирным известковым молоком, растворами глины, жидким стеклом.

Для изготовления крепи применяются различные технические сорта леса: бревна, подтоварники, жерди, пластины, брусья, доски и обаполы.

Специально рудничными сортами леса являются рудничные стойки, которые готовятся из хвойных пород и имеют длину 0,5–2,0 м (с интервалами в 0,1 м), а затем 2,1–5,0 м (с интервалами через 0,2 м). Их диаметр в верхнем отрезе равен 7,0–25,0 см (с интервалом в 2 см). По условиям работы крепи часто необходим материал, хорошо сопротивляющийся не только сжатию, но и изгибу. Таким материалом является железобетон – бетон, в который помещена металлическая арматура, в виде каркаса нужной формы и размеров. Железобетонную крепь делают монолитной или сборной. Помимо высокой сопротивляемости механическим нагрузкам, бетон или железобетон должны быть водонепроницаемыми и не поддаваться действию рудничных кислотных вод.

Из остальных крепежных материалов можно назвать различные пластмассы, армированные стекловолокном. Такая крепь, наряду с ее легкостью, устойчивостью к различным механическим нагрузкам и к действию разных химреагентов, пока еще широкого распространения не получила.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое горное давление?
2. В каких случаях необходима крепь в горных выработках?
3. какие материалы используются для крепления горных выработок?

## ***Рекомендуемая литература***

1. Брылов С.А. Горно-разведочные и буровзрывные работы :учебник для вузов / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, В.И. Комашенко. – М. : Недра, 1989. – 287 с.
2. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок / В.П. Оксененко. – Ч. I. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1974. – 200 с.
3. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок / В.П. Оксененко. – Ч. II. – Воронеж, 1974. – 146 с.
4. Шехурдин В.К. Горное дело /В.К. Шехурдин, В.И. Несмотряев, П.И. Федоренко. – М. : Недра, 1987. – 440 с.

## **2.5 Освещение горных выработок**

Поверхностные горно - разведочные выработки легкого типа, проводимые, как правило, в пределах светового дня, в дополнительном освещении не нуждаются. Освещать приходится лишь подземные выработки.

Хорошее и рациональное освещение выработок имеет очень большое значение, так как от него в значительной степени зависят санитарные условия труда и безопасность работ, производительность труда и качество выполняемой работы.

Наибольшая освещенность предусматривается в камерных выработках, в которых размещены работающие машины (в частности, буровые станки), а в призабойном пространстве при бурении шпуров, креплении, погрузке и выполнении других проходческих работ. Для освещения подземных горных выработок применяют следующие источники света:

- 1) стационарные, действующие на протяжении всего срока службы выработки;
- 2) полустационарные, которые по мере продвижения забоя могут перемещаться;
- 3) местные, при которых осветительная установка монтируется на горно-проходческих машинах или механизмах;
- 4) переносные или индивидуальные.

В качестве стационарных, полустационарных и местных светильников используются сетевые электрические светильники с лампами накаливания или люминесцентными лампами.

Переносные лампы могут быть пламенными (бензиновые и ацетиленовые) и аккумуляторными.

Переносные лампы являются основным источником света не только в горно-разведочных выработках, но и в очистных и подготовительных забоях эксплуатационных выработок.

Спуск в шахту и передвижение людей по выработкам, а также производство работ без горячей переносной лампы запрещается.

Достаточная освещенность будет достигнута, если между светильниками мощностью 60–100 В будут выдержаны следующие расстояния:

- 3–4 м – в камерах, на подстанциях, на рудничных дворах;
- 5–6 м – в забоях очистных, подготовительных и горно-разведочных выработок;
- 15–20 м – в выработках с механической откаткой и доставкой, в людских ходах.

По всему стволу вертикальной выработки подвешиваются светильники мощностью 60–100 Вт через каждые 20–30 м. Кроме того, забой, стационарные и подвесные полки этих выработок освещаются дополнительно из расчета 10–15 Вт на каждый квадратный метр площади забоя или полка.

С целью увеличения освещенности повышают отражательную способность стен выработок путем их побелки.

На забое применяют лампы накаливания при напряжении 36 В, в остальной части выработки – 127 В, и лишь при использовании люминесцентных ламп допускается напряжение 220 В.

## ***Контрольные вопросы***

1. Какие источники освещения используются в горных выработках?
2. Правила размещения источников освещения в горных выработках.

## ***Рекомендуемая литература***

1. Брылов С.А. Горно-разведочные и буровзрывные работы: учебник для вузов / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, В.И. Комащенко. – М.: Недра, 1989. – 287 с.
2. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок / В.П. Оксененко. – Ч. I. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1974. – 200 с.
3. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок / В.П. Оксененко. – Ч. II. – Воронеж, 1974. – 146 с.
4. Шехурдин В.К. Горное дело /В.К. Шехурдин, В.И. Несмотряев, П.И. Федоренко. – М.: Недра, 1987. – 440 с.

## **2.6 Водоотлив из горных выработок**

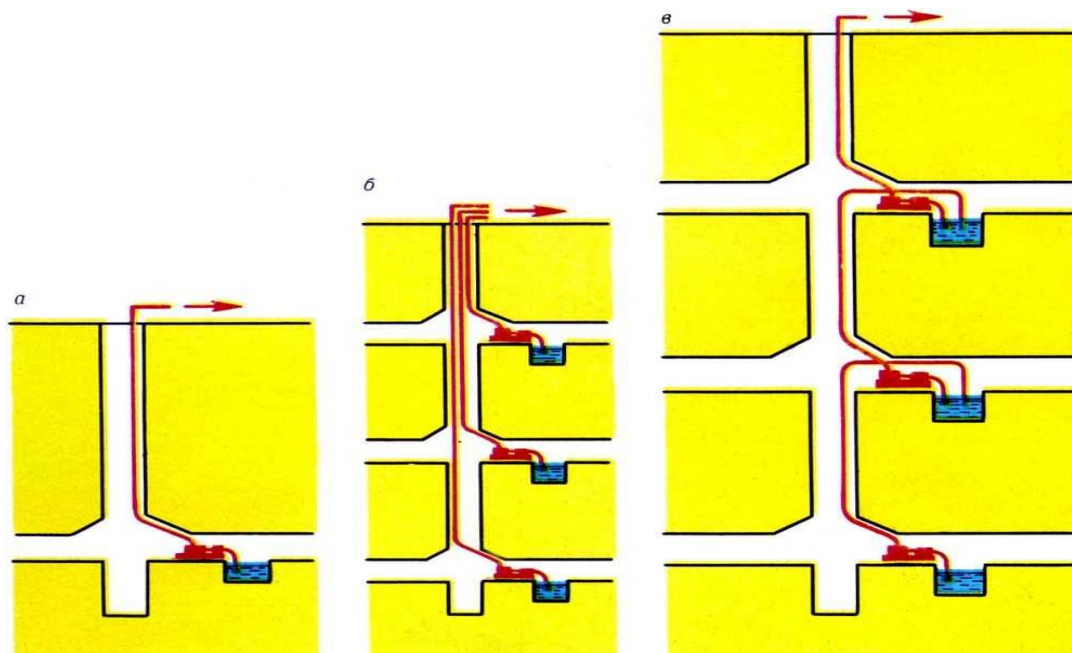
Приток воды в поверхностные горные выработки (канавы, расчистки и т. п.) обуславливается исключительно атмосферными осадками. Водоотлив из таких выработок, в тех случаях, когда им приходится заниматься, обычно серьезных трудностей не представляет.

Водоприток подземных горных выработок зависит от обводненности месторождения и напора вод во вмещающих породах, от времени года.

Приток воды в подземные горно-разведочные выработки обычно не превышает 10 м<sup>3</sup>/ч, в ряде случаев он может быть значительно меньшим, реже он достигает 40–50 м<sup>3</sup>/час и более.

Вода в забое выработки является одним из основных факторов, снижающих скорость и производительность горных работ, увеличивающих стоимость проходки горных выработок.

Успешная работа с водой в значительной мере решает успех проходческих работ. Совокупность мероприятий и устройств, служащих для удаления воды из выработки на дневную поверхность, называется водоотливом при проходке выработки или сокращенно – водоотливом (рис.24).



**Рис.24** Схемы водоотлива на шахтах: прямой при одном горизонте (а) и при нескольких (б), ступенчатый с насосными камерами вышележащих горизонтов (в).

Самотеком вода удаляется из наклонных выработок, проходимых снизу вверх (восстающих), а также из горизонтальных выработок, подошве которых придается продольный уклон от  $2^\circ$  до  $8^\circ$  в сторону устья. При этом в подошве горизонтальной выработки устраивают водоотводные канавки. При вскрытии разведочного поля штольнями вся вода, поступившая в подземные выработки, уровень которых расположен выше высотной отметки устья штольни, удаляется на поверхность самотеком.

При значительных водопритоках в процессе проведения шурфов и стволов шахт вода удаляется из забоя выработки проходческими электрическими или пневматическими насосами по трубопроводам. Наибольшей подачей характеризуются стационарные насосные установки, которые размещают в подземных выработках, расположенных на разведочных горизонтах около стволов. Такие установки предназначены для откачки на поверхность по трубопроводам всей воды, поступающей из выработок горизонта

При небольших водопритоках вода из вертикальной выработки может удаляться вместе с отработанной породой, для сбора просачивающейся воды в таком случае можно также устроить небольшой зумпф.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое водоотлив?
2. Какие схемы водоотлива применяются в горных выработках?

### ***Рекомендуемая литература***

1. Брылов С.А. Горно-разведочные и буровзрывные работы : учебник для вузов / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, В.И. Комащенко. – М. : Недра, 1989. – 287 с.
2. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок / В.П. Оксененко. – Ч. I. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1974. – 200 с.
3. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок / В.П. Оксененко. – Ч. II. – Воронеж, 1974. – 146 с.
4. Шехурдин В.К. Горное дело /В.К. Шехурдин, В.И. Несмотряев, П.И. Федоренко. – М.: Недра, 1987. – 440 с.

## **Заключение**

Основным продуктом геологоразведочного производства является геологическая карта, на которой изображается структура недр изучаемой территории и дается информация о вещественном составе и полезных компонентах горных пород.

Для составления геологических карт применяются три способа:

1) геологическая съемка или картирование на основе изучения естественных выходов горных пород, 2) бурение скважин, 3) проходка горных выработок.

Если в первом случае применяемые технические средства не отличаются сложностью и особым разнообразием (обычно это на-

вигационные приборы, горный компас и геологический молоток, иногда полевые лаборатории), то во втором и третьем – это уже капиталоемкое производство с применением мощных технических средств.

Выбор способов картирования зависит как от целей или масштаба работ, так и от степени обнаженности горных пород.

При составлении региональных карт геологи опираются главным образом на первый способ, а на этапах оценки и разведки месторождений в большем объеме приходится бурить и пробивать горные выработки.

В представленном учебном пособии освещены основные вопросы по технике и технологии буровых и горных работ на этапах оценки и разведки месторождений полезных ископаемых.

Пособие предназначено для студентов геологических специальностей ВУЗов.

## Глоссарий

**Бурение** - процесс сооружения горной выработки цилиндрической формы - скважины, шпура или шахтного ствола - путём разрушения горных пород на забое.

**Скважина** — горная выработка круглого сечения, пробуренная с поверхности земли или с подземной выработки без доступа человека к забою под любым углом к горизонту, диаметр которой много меньше ее глубины.

**Абразивность горных пород** - способность горных пород изнашивать контактирующий с ней породоразрушающий инструмент в процессе их взаимодействия.

**Сплошность горных пород** - структурное состояние горных пород, которые, исходя из степени пригодности внутрискелетных нарушений (трещин, пор, поверхностей рыхлого контакта зерен и т. д.), передают внутрь породы давления внешней жидкостной или газовой среды.

**Буримость горных пород** — сопротивляемость горных пород разрушению в процессе бурения.

**Разрушение горных пород** — нарушение сплошности природных структур горных пород (минеральных агрегатов, массивов горных пород) под действием естественных и искусственных сил.

**Колонковое бурение** — бурение, при котором разрушение породы осуществляется по периферийной части забоя, с сохранением колонки породы (керн).

**Конструкция скважины** - характеристика буровой скважины, определяющая изменение её диаметра с глубиной, а также диаметры и длины обсадных колонн.

**Геолого-технический наряд** - это оперативный план работы, в котором в виде таблицы приводятся геологическая характеристика намечаемой к бурению скважины и основные технические и технологические решения.

**Керн** — образец горной породы, извлеченный из скважины посредством специально предназначенного для этого вида бурения. Часто представляет собой цилиндрическую колонку (столбик) горной породы достаточно прочной, чтобы сохранять монолитность.

**Горная выработка** — искусственная полость в земной коре, образующаяся в результате ведения горных работ.

**Буровзрывные работы (БВР)** — это комплекс взаимосвязанных технологических процессов, выполняемых с целью отбойки и дробления скальных горных пород при проходке горных выработок.

**Водоотлив** — совокупность мероприятий и устройств, служащих для удаления воды из выработки на дневную поверхность.

## Список литературы

### *Основная литература*

1. Беленьков А.Ф. Геологоразведочные работы. Основы технологии, экономики, организации и рационального природопользования : учеб. пособие / А.Ф. Беленьков. – Ростов на Дону: Феникс; Новосибирск: Сиб. Согл, 2006. – 383 с.
2. Бурение разведочных скважин: учебник.: / Н.В. Соловьев [и др.]; под общ. ред. Н.В. Соловьева. – Москва.: Выс. шк., 2007. – 904 с.
3. Зиньков А.В. Буровые станки и бурение скважин / А.В. Зиньков, Л.Б. Черемисина. – Владивосток: 2008. – 167 с.
4. Ильяш В.В. проходка горно-разведочных выработок: учеб. пособие / В.В. Ильяш, Ю.Н. Стрик. – Воронеж: ВГУ, 2008. – 112 с.
5. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых: учебник: / В.В. Авдонин [и др.]; под ред. В.В. Авдониной. – Москва: Акад. Проект: Мир, 2007. – 540 с.
6. Техника разведки : учеб. метод. комплекс для спец. 130301/ сост. С.М. Авраменко. – Благовещенск: Амур. гос. ун-т, 2011. - 48 с

### *Дополнительная*

7. Башкатов Л.Н. Бурение скважин на воду / Л.Н. Башкатов, Б.Л. Роговой.- М: Колос, 1976.- 201 с.
8. Башкатов Л.Н. Гидрогеологические наблюдения при бурении и опробовании скважин на воду / Л.Н. Башкатов, А.Г. Тесля. - Москва: Недра, 1970. - 306 с.
9. Белоусов Д.И. Буровые установки / Д.И. Белоусов, В.И. Ращупкин-Москва: Недра, 1973.- 301с.

10. Белицкий А.С. Проектирование разведочно-эксплуатационных скважин для водоснабжения / А.С.Белицкий, В.В. Дубровский - Москва: Недра, 1974.- 256 с.
11. Брылов С.А. Горно-разведочные и буровзрывные работы :учебник для вузов / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, В.И. Комащенко. – Москва: Недра, 1989. – 287 с.
12. Волков С.А. Справочник по разведочному бурению / С.А. Волков; А.С. Волков. – Москва: Гос. науч. – техн. изд-во лит. по геологии и охране недр, 1963. - 547с.
13. Володин, Ю.И. Основы бурения / Ю.И. Володин. - Москва: Недра, 1986. - 110 с.
14. Волков С.А. Буровое дело / С.А.Волков. - Москва: Недра, 1965. – 492 с.
15. Волков А.С. Вращательное бурение разведочных скважин / А.С.Волков, Г.И.Долгов .- Москва: Недра, 1977.- 366 с.
16. Вортман Э.М. Практика ударно-канатного бурения скважин на воду/ Э.М.Вортман. - Москва: Недра, 1971.- 296 с.
17. Воздвиженский Б.И. Разведочное бурение. / Б.И.Воздвиженский, О.Н. Голубинцев , А.А.Новожилов. - Москва: Недра, 1979. - 510 с.
18. Дубровский В.В. Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду / В.В. Дубровский, М.М. Кречинский, В.И. Плахов [и др.] - Москва: Недра, 1972. - 512 с.
19. Единые нормы выработки на горнопроходческие работы. – Москва: Недра, 1969. – 440 с.
20. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок в 2 ч. / В.П. Оксененко.– Воронеж: ВГУ, 1974. – Ч.1 - 200 с.
21. Оксененко В.П. Проходка горноразведочных выработок в 2 ч. / В.П. Оксененко. – Воронеж: ВГУ, 1974. – Ч. II. – 146 с.

23. Прокофьев А.П. Технические средства разведки месторождений твердых полезных ископаемых / А.П. Прокофьев. – Москва: Изд-во Москов. ун-та, 1975. – 232 с.
24. Пономарев П.П. Отбор кернa при колонковом геологоразведочном бурении./ П.П. Пономарев, В.А. Каулин. - Ленинград: Недра, 1989. – 256 с.
25. Руководство по проектированию сооружений для забора подземных вод. ВНИИ ВОДГЕО.- Москва: Стройиздат, 1976. - 209 с.
26. Советов Г.А. Основы бурения и горного дела / Г.А. Советов, Н.И. Жабин. – М.: Недра, 1991. – 368 с.
27. Справочник по бурению скважин на воду/ Л.Н.Башкатов, С.С. Сулакшин [и др.] - Москва: Недра, 1979. - 560 с.
28. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин / Е. А. Козловский [и др.]. – Москва: Недра, 1984 - 511с.
29. Справочное руководство мастера геологоразведочного бурения. - Ленинград: Недра, 1983. – 400 с.
30. Справочное руководство гидрогеолога в т.2 /под ред. Максимова В.М.- Ленинград: Недра, 1979.- 295 с.
31. Справочник гидрогеолога / под ред. М.Е. Альтовского. - Москва: ГОСГЕОЛТЕХИХДАТ, 1962.- 615 с.
32. Шехурдин В.К. Горное дело / В.К. Шехурдин, В.И. Несмотряев, П.И. Федоренко. – Москва: Недра, 1987. – 440 с.

## Оглавление

Введение.....	5
<b>Глава 1. Бурение скважин.....</b>	<b>7</b>
1.1 Основные сведения о бурении скважин.....	7
1.1.1 Буровая скважина и ее элементы.....	7
1.1.2 Положение скважин в земной коре.....	9
1.1.3 Классификация буровых скважин.....	12
1.1.4 Характеристика процесса бурения.....	15
1.1.5 Классификация способов бурения.....	16
1.2 Физико – механические свойства горных пород и процесс их разрушения при бурении .....	19
1.2.1. Общие сведения о горных породах .....	19
1.2.2. Основные физико – механические свойства горных пород, влияющие на процесс бурения.....	20
1.2.3 Классификация горных пород по буримости.....	24
1.3 Разрушение горных пород при бурении.....	26
1.3.1 Виды разрушений при механическом способе бурения.....	26
1.3.2 Основные закономерности разрушения горных пород при бурении.....	27
1.4 Способы бурения скважин.....	31
1.4.1 Ударное бурение.....	31
1.4.2 Вращательное бурение.....	35
1.5 Конструкции скважин.....	42
1.5.1 Общие сведения о конструкциях разведочных скважин.....	42
1.5.2 Конструкции скважин на воду.....	45
1.6 Промывка и продувка скважин.....	55
1.6.1 Назначение и классификация промывочных жидкостей.....	55

1.6.2 Продувка скважин воздухом.....	61
1.7 Геолого-техническая документация скважин.....	63
1.7.1 Геолого - технический наряд (ГТН).....	63
1.7.2 Техническая документация.....	64
1.7.3 Геологическая документация.....	66
<b>Глава 2. Проведение горных выработок.....</b>	<b>74</b>
2.1 Типы горных выработок и их назначение.....	74
2.1.1 Общие сведения о горных выработках.....	74
2.1.2 Открытые (поверхностные) выработки.....	74
2.1.3 Подземные горные выработки.....	77
2.2 Способы и средства ведения проходческих работ.....	81
2.2.1. Горно-технические характеристики и классификации горных пород.....	81
2.2.2 Способы проходки горных выработок.....	84
2.2.3 Буровзрывной способ проходки горных выработок.....	85
2.2.4. Горнопроходческий цикл.....	86
2.3 Вентиляция горных выработок.....	89
2.4 Крепление горных выработок.....	91
2.4.1 Понятие о горном давлении.....	91
2.4.2 Материалы для изготовления рудничной крепи.....	93
2.5 Освещение горных выработок.....	95
2.6 Водоотлив из горных выработок.....	97
Заключение.....	100
Глоссарий.....	101
Список литературы.....	103

**Сидорова Галина Петровна**

**БУРЕНИЕ СКВАЖИН И ПРОВЕДЕНИЕ ГОРНЫХ  
ВЫРАБОТОК**

Учебное пособие

Лицензия ЛР 020525 от 02.06.97

Редактор

Сдано в производство

Форм. Бум. 60x84 1/16

Печать офсетная

Уч. – изд. л.

Тираж экз.

Бум. тип №2

Гарнитура литературная

Усл. печ. л.

Заказ №

Забайкальский государственный университет  
672039, Чита, ул. Александрово – Заводская,30