

Горное дело, проведение горных выработок и БВР

Лекции -17 ч.

Лабораторные -17 ч.

Зачет

Курс лекций

Сидорова Галина Петровна

д.т.н., профессор кафедры « Прикладной геологии и технологии
геологической разведки».

Горный факультет.

Забайкальский государственный университет



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.

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 (Слайд 4).

Устье скважины 1 – место пересечения буровой скважиной земной поверхности, дна акватории или элементов горной выработки при бурении в подземных условиях.

Забой скважины 8 – дно буровой скважины, углубляющееся в процессе бурения; он может быть кольцевым **6** с керном **7** или сплошной **8**.

Стенки скважины 9 – боковая поверхность буровой скважины.

Ствол скважины 2,5 –пространство, ограниченное стенками скважины. В неустойчивых породах стенки скважины закрепляются обсадными колоннами, при этом ствол скважины сужается.

Ось скважины 4 – геометрическое место точек центра забоя, перемещающегося при углубке скважины, т.е. воображаемая линия, соединяющая центры поперечных сечений буровой скважины.

Глубина скважины L3 – 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.

Основные элементы скважины

- 1 — устье;
- 2 — стенки;
- 3 — забой;
- 4 — участки стенок, закреплённые обсадными трубами;
- D_1, D_2, D_3 — диаметры обсадных труб и ствола скважины;
- L — глубина скважины.

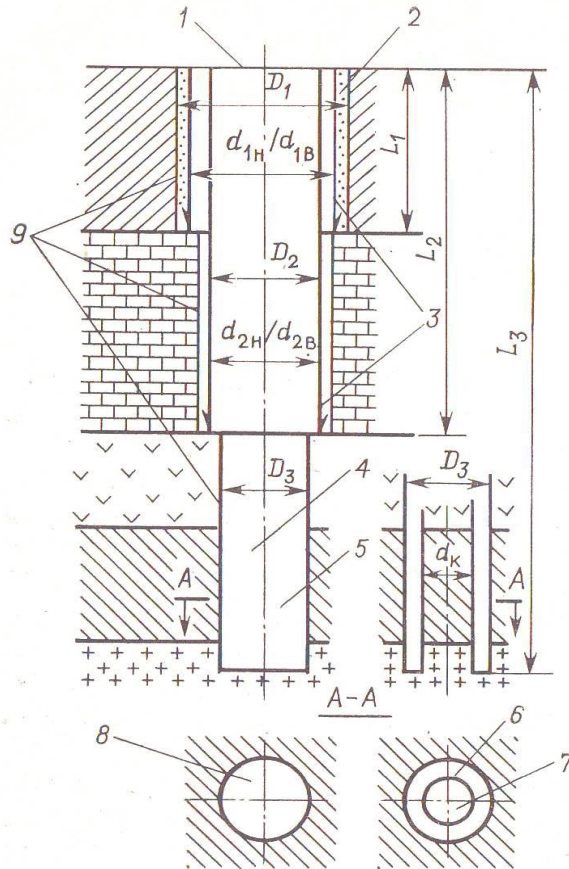
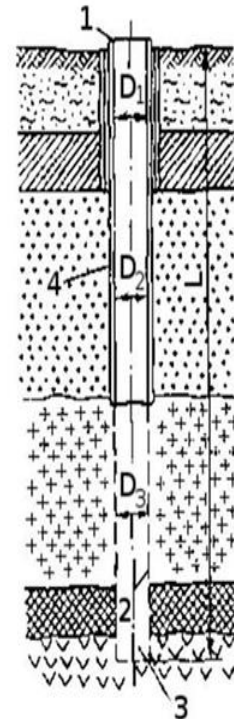


Рис.1 Основные элементы скважины

1 — устье; 2 — ствол скважины, обсаженный трубами; 3 — обсадные колонны; 4 — ось скважины; 5 — ствол скважины; 6 — кольцевой забой; 7 — керн; 8 — сплошной забой; 9 — стенки скважины;

D_1, D_2, D_3 — диаметры ствола скважин в разных интервалах; $d_{1H}, d_{1B}, d_{2H}, d_{2B}$ — диаметры обсадных колонн, наружные и внутренние; d_K — диаметр керна; L_1, L_2 — глубина интервалов скважины, закреплённых трубами; L_3 — глубина 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_{1H}, d_{2H}) 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 – 1500 мм.**

Глубина буровых скважин изменяется от нескольких метров до нескольких километров.

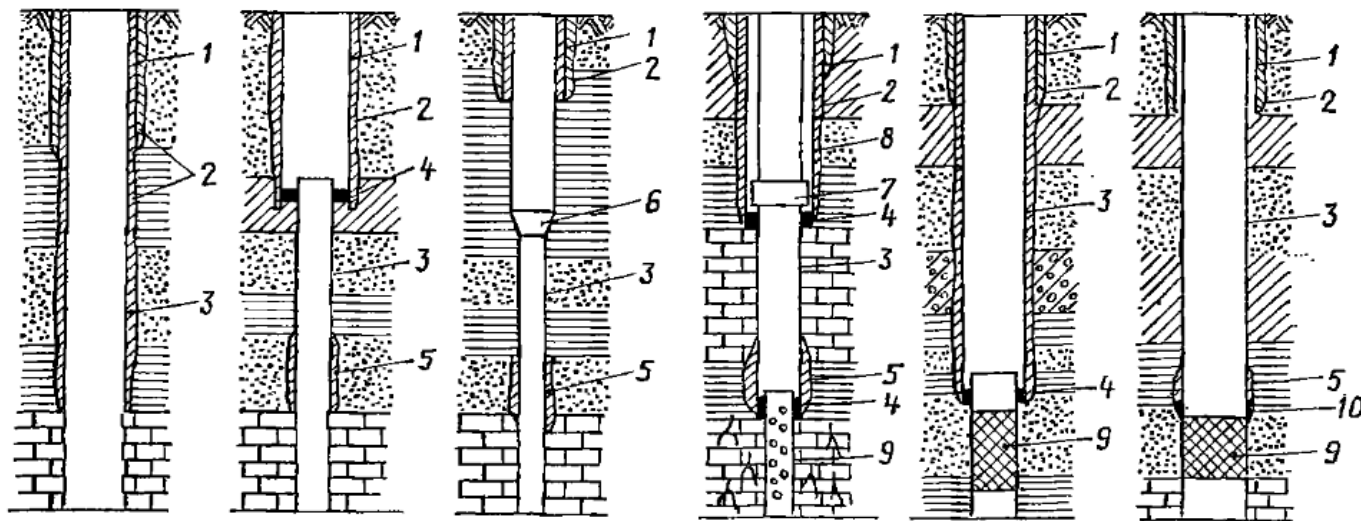
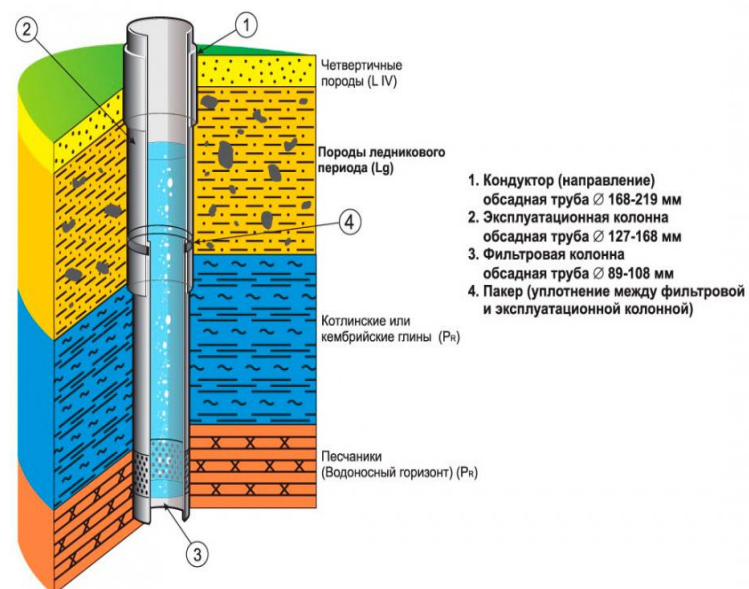
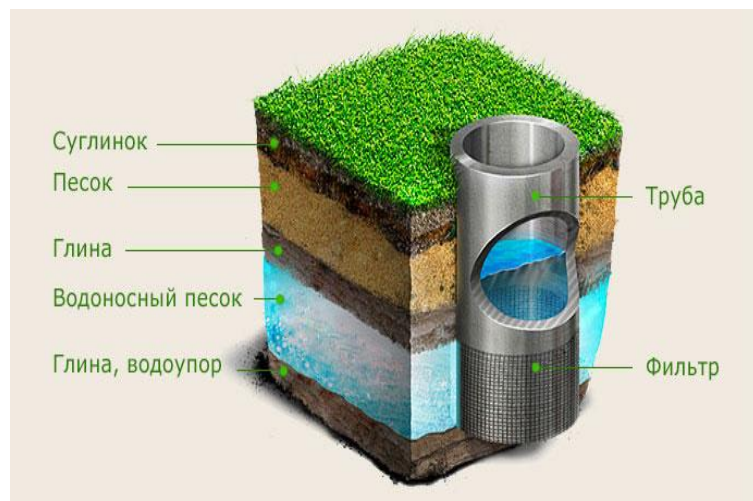
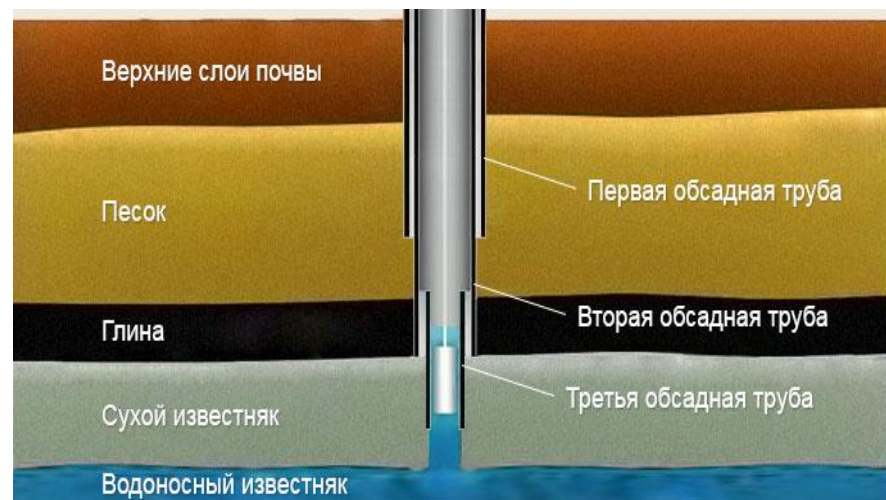
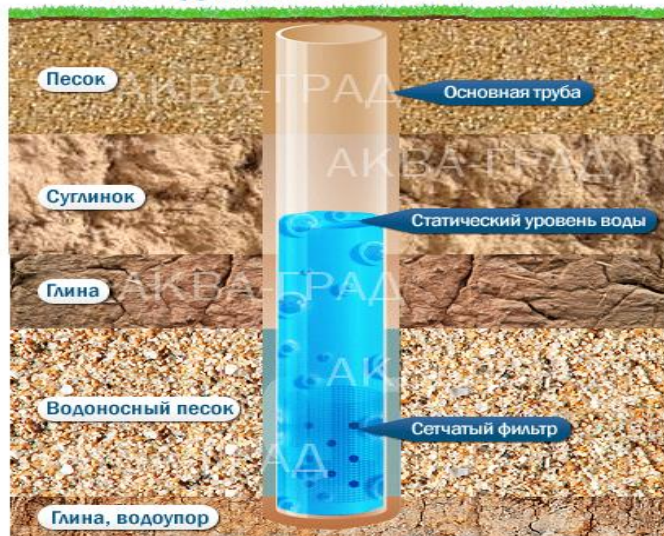


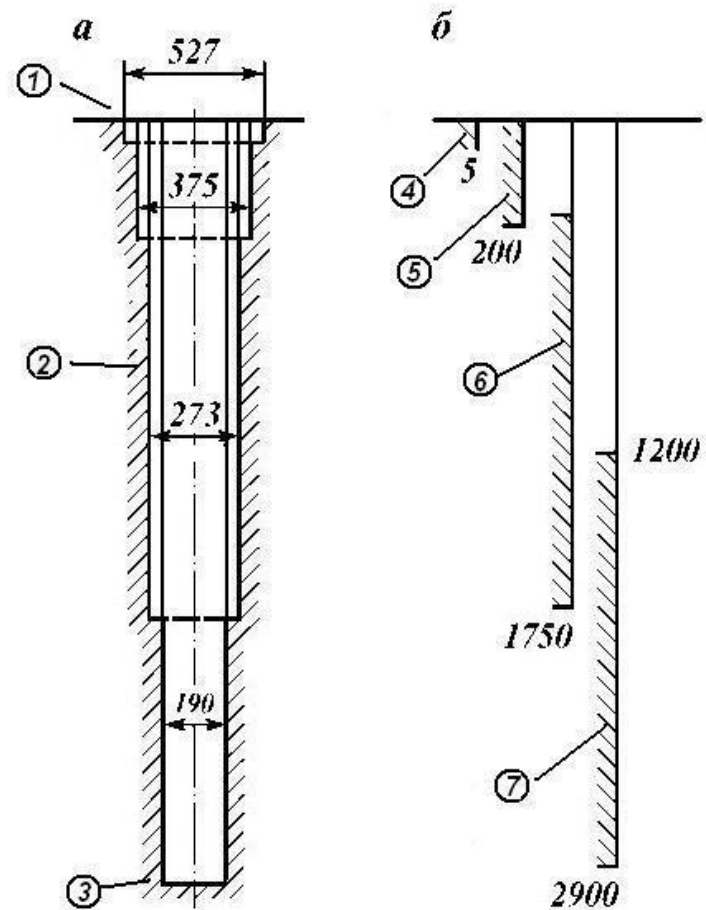
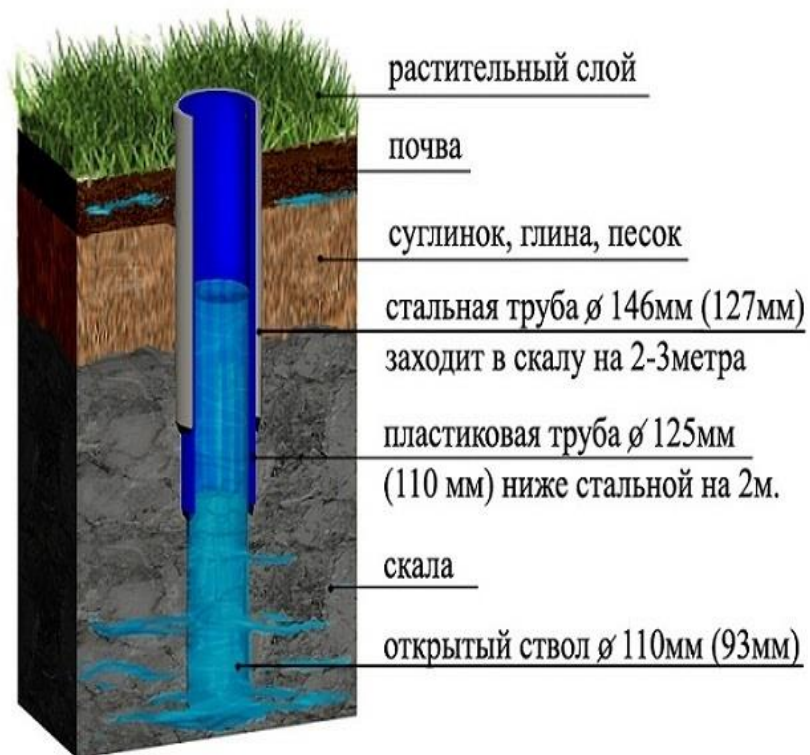
Рис. 1. Схема конструкций скважин при роторном бурении в наиболее часто встречающихся геологических условиях:

1 — кондуктор; 2 — затрубная цементация; 3 — эксплуатационная колонна; 4 — сальник; 5 — подбашмачная цементация; 6 — переходник; 7 — муфта с левой резьбой; 8 — техническая колонна; 9 — фильтр; 10 — манжета для цементации.

Конструкция песчаной скважины



Конструкции скважин



- 1 – устье
- 2 – стенки скважины
- 3 – забой
- 4 – направление
- 5 – кондуктор
- 6 – обсадная колонна
- 7 – эксплуатационная колонна

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 .

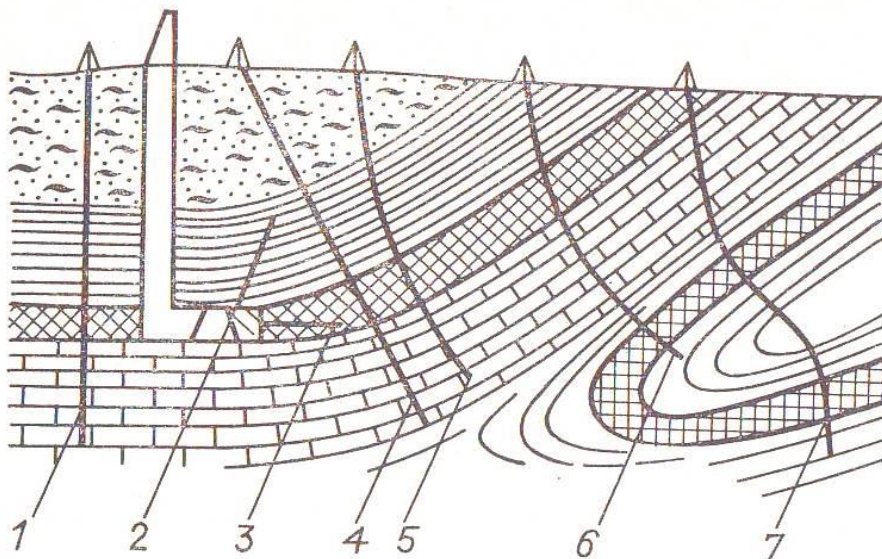
Горизонтальные и восстающие скважины в основном бурят из подземных из подземных горных выработок, а в горной местности при благоприятном рельефе и из поверхности земли. Направление скважины определяют залеганием полезного ископаемого и физико – механическими свойствами пород, влияющими на изменение ее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

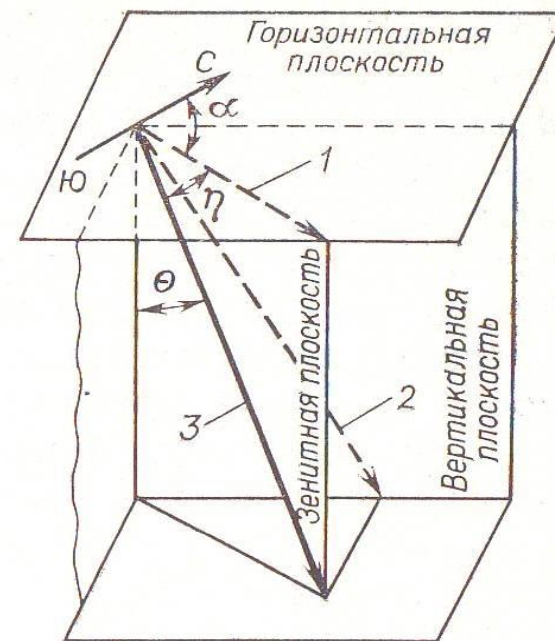
Тот или иной тип трассы при бурении получается или самопроизвольно по закономерности естественного искривления скважин, или искусственно, искривлением различными техническими средствами. Кроме этого трассы могут быть плоско-искривленные или пространственно-искривленными.

В геологической документации скважины изображаются в виде проекции на вертикальную и горизонтальную плоскости .

Типы трасс и положение скважин в земной коре



Проекции 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 **η**, зенитным углом **θ** и азимутом **α**.

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

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

$$\theta = 90^\circ - \eta$$

$$\eta = 90^\circ - \theta$$

Азимут скважины **α** называется угол между меридианом и касательной к горизонтальной проекции оси скважины по направлению движения часовой стрелки.

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

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):

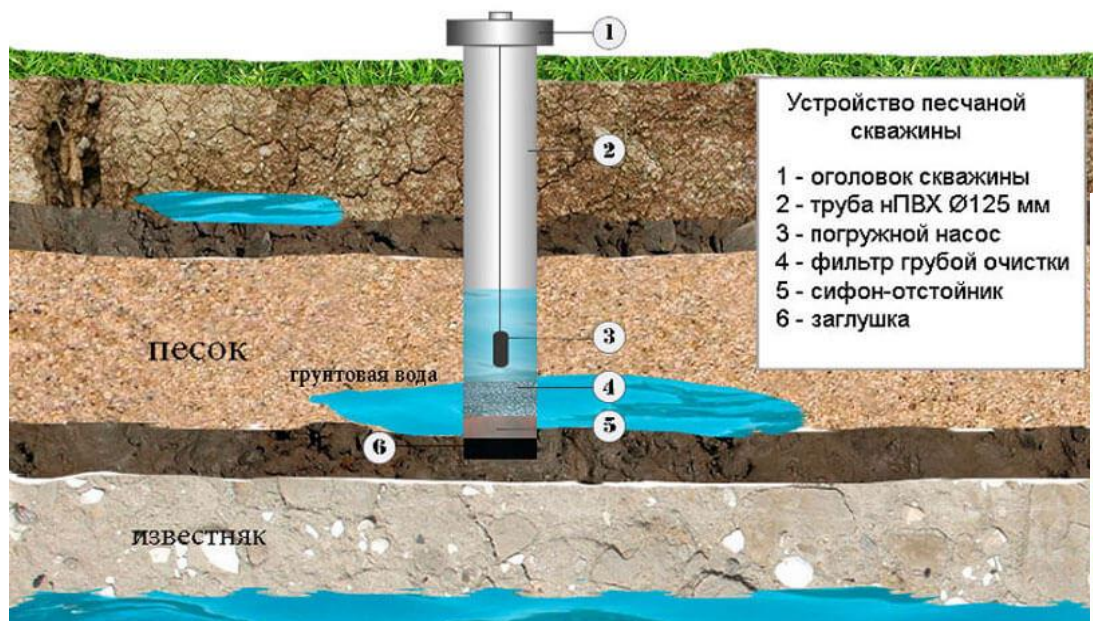
- **оценочные** — скважины предназначены для уточнения режима работы пласта и степени выработки участков месторождения, уточнения схемы его разработки;

- **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.



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;

-тампонирование 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 тапмонирование;

- разборка буровой установки и рекультивация почвы.

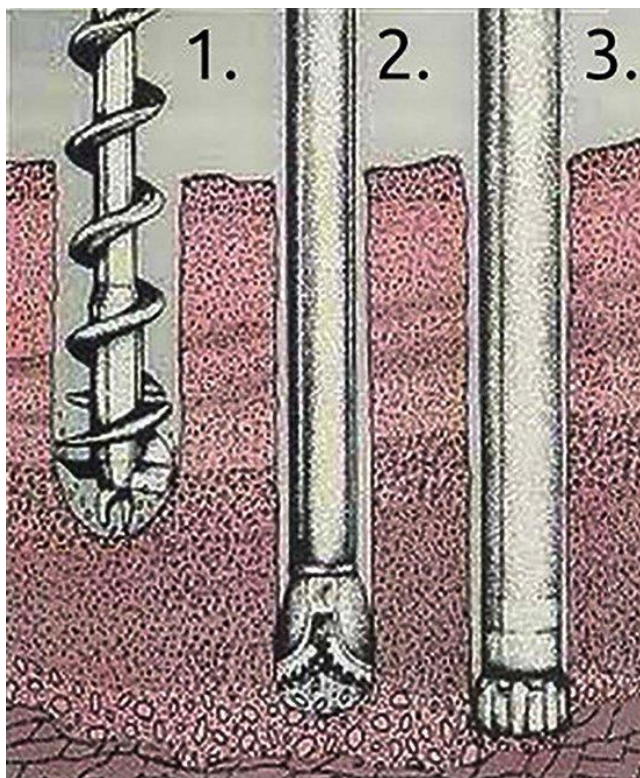
Перечисленные виды работ выполняются буровыми, монтажными, каротажными, гидрогеологическими и другими бригадами.

Классификация способов бурения

По характеру разрушения породы, применяемые способы бурения делятся на:

- **механические** - буровой инструмент непосредственно воздействует, действует на горную породу, разрушая её;
- **немеханические** - разрушение происходит без непосредственного контакта с породой источника воздействия на неё (термическое, взрывное и др.).

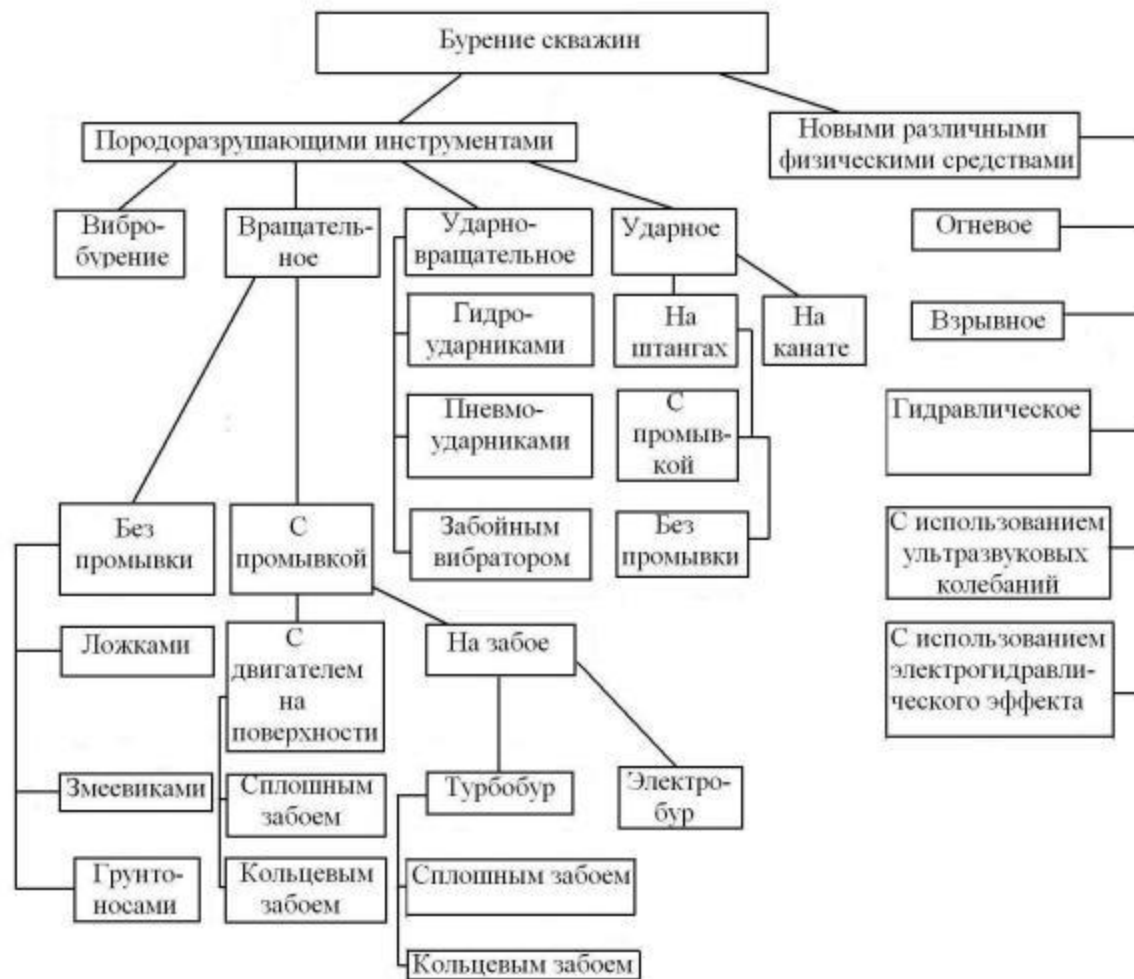
Механические способы бурения подразделяют на вращательные и ударные (а также вращательно-ударные и ударно-вращательные).



Технологии бурения скважин

1. Роторное
2. Шнековое
3. Ударный способ

Классификация способов бурения (Волкова)



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 дробы (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).

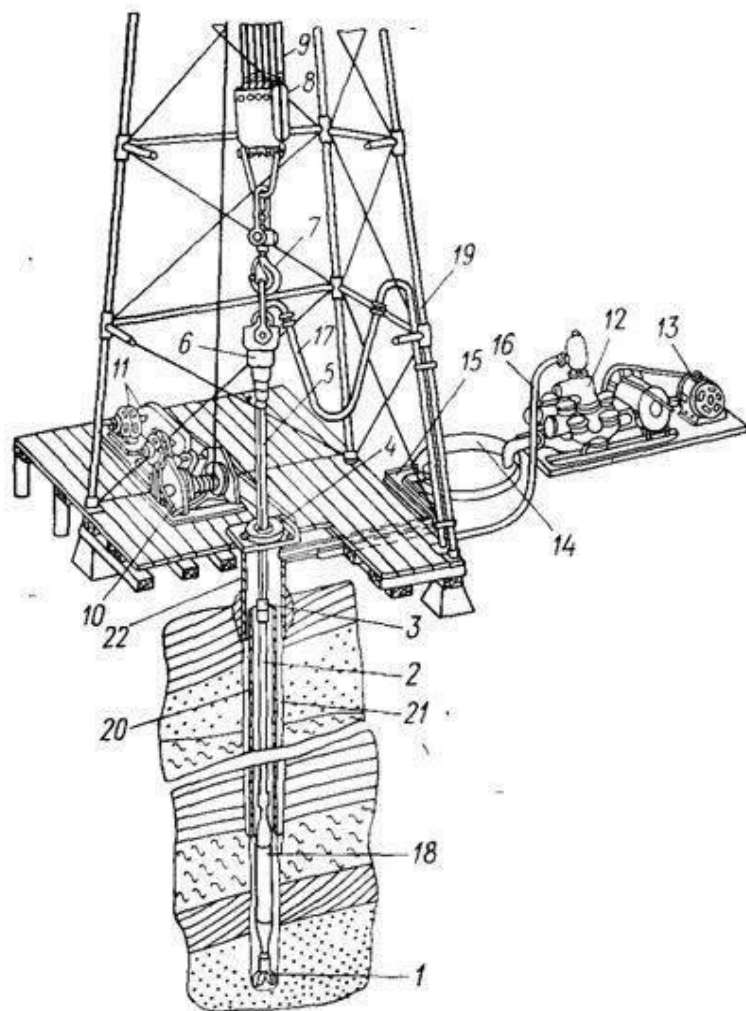
Иногда бурение подразделяют по типу бурового инструмента (**шнековое, штанговое, алмазное, шарошечное и т.д.**); по типу буровой машины (**перфораторное, пневмоударное, турбинное и т.д.**), по методу проведения скважин (наклонное, кустовое и т.д.).

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.

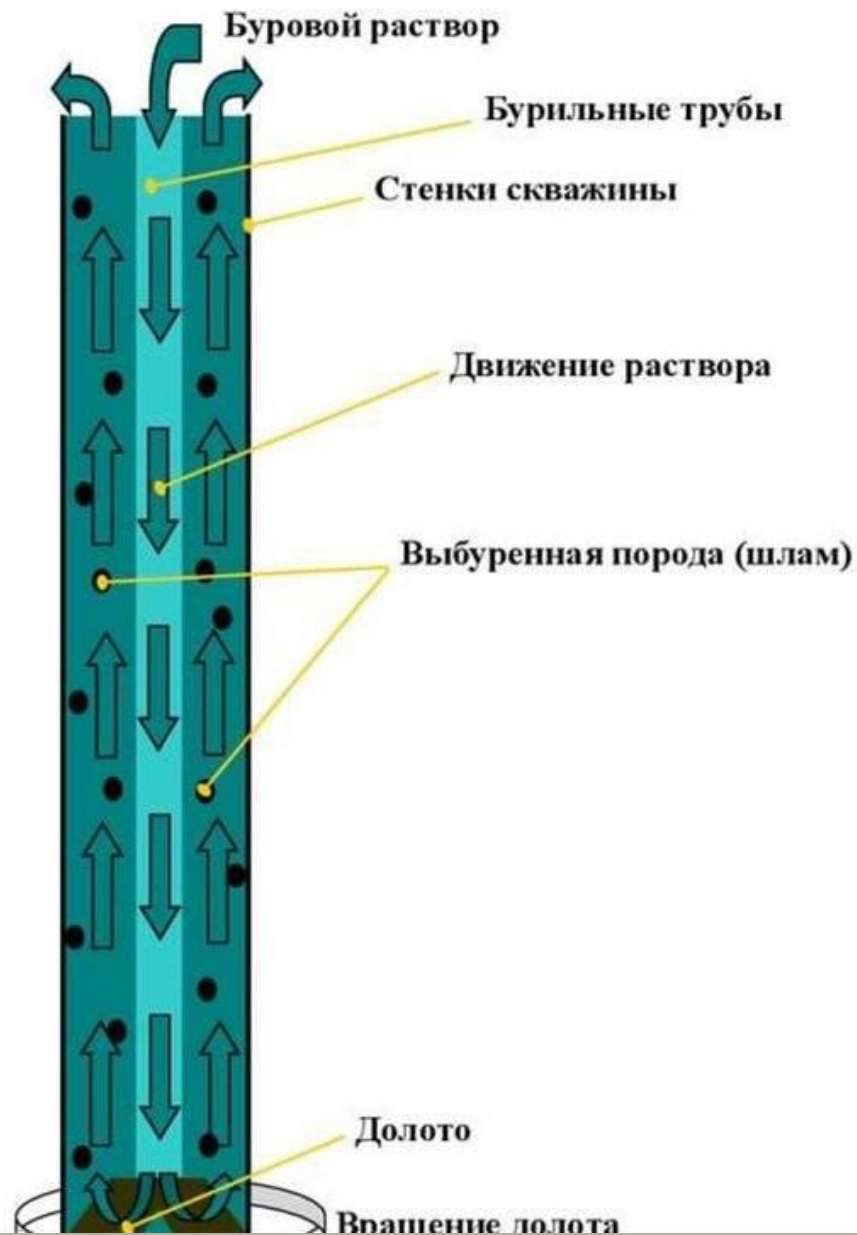
Бурение развивалось и специализировалось применительно к трём основным областям техники: наиболее глубокие скважины (несколько км) бурятся на нефть и газ, менее глубокие (сотни м) для поисков и разведки твёрдых полезных ископаемых, скважины и шпуров глубиной от нескольких м до десятков м бурят для размещения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

Установка для бурения скважин роторным и турбинным способами и при помощи электробура



- 1 — долото;
- 2 — бурильные трубы;
- 3 — переводник;
- 4 — ротор;
- 5 — ведущая труба;
- 6 — вертлюг;
- 7 — крюк;
- 8 — талевый блок;
- 9 — талевый канат;
- 10 — лебедка;
- 11 — двигатели лебедки и ротора;
- 12 — буровой насос;
- 13 — двигатель;
- 14 — приемная емкость;
- 15 — желоба;
- 16 — нагнетательный трубопровод;
- 17 — буровой шланг;
- 18 — забойный двигатель (при роторном бурении не применяется);
- 19 — вышка;
- 20 — обсадные трубы;
- 21 — цементная оболочка;
- 22 — фундамент.

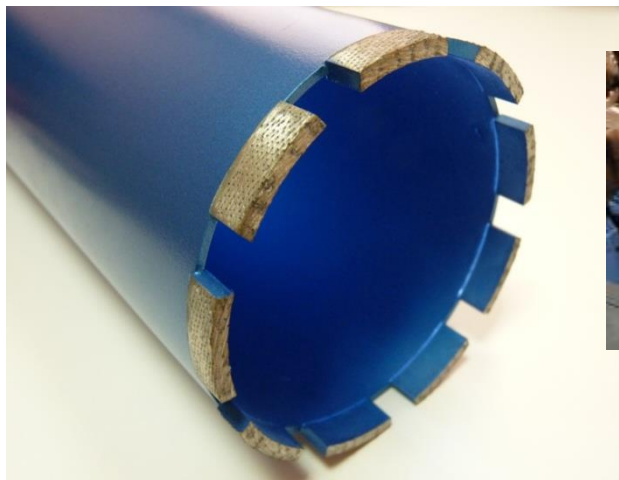
Принципиальная схема вращательного бурения



Шнековое бурение скважин



Алмазное бурение скважин



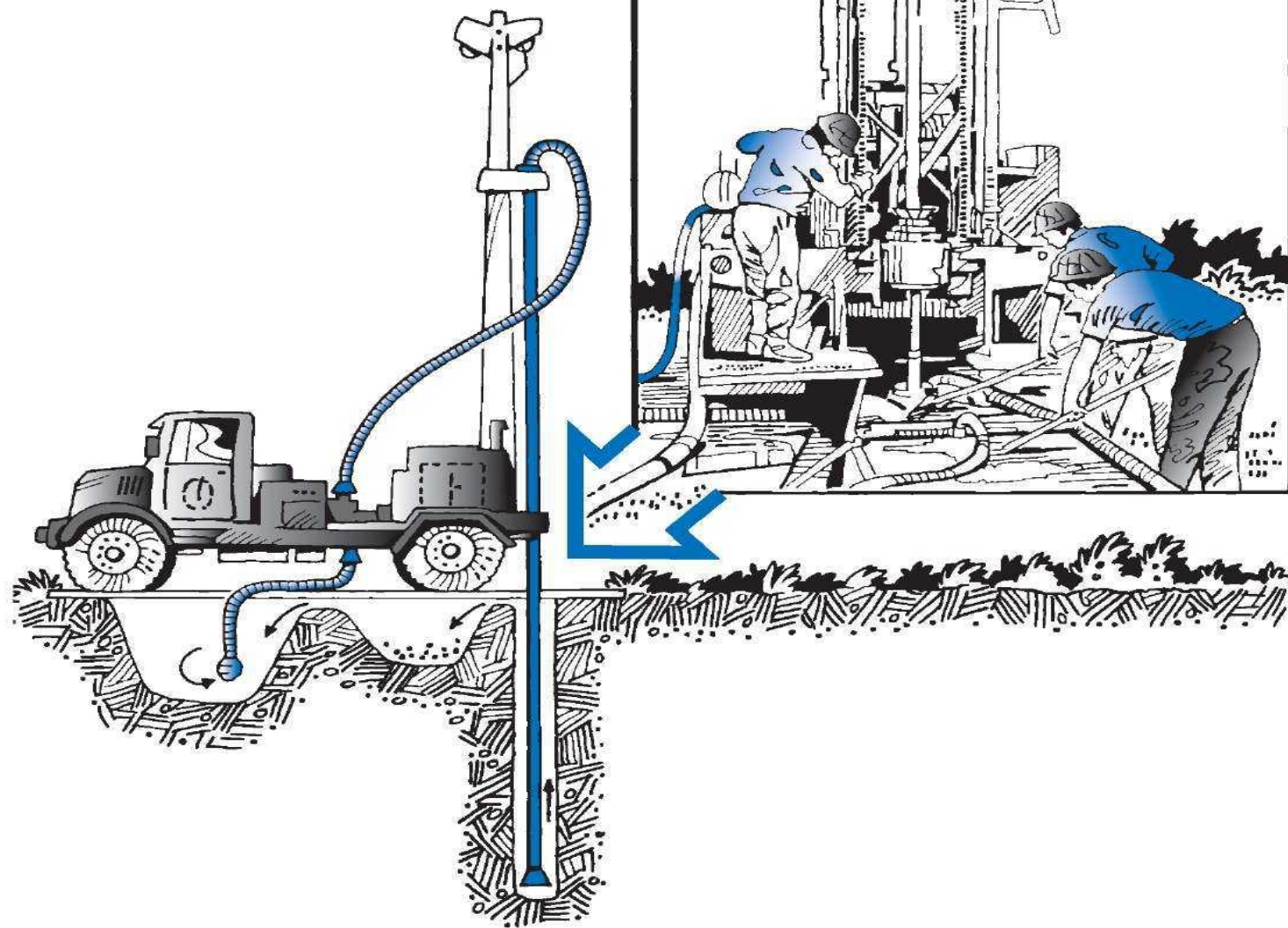
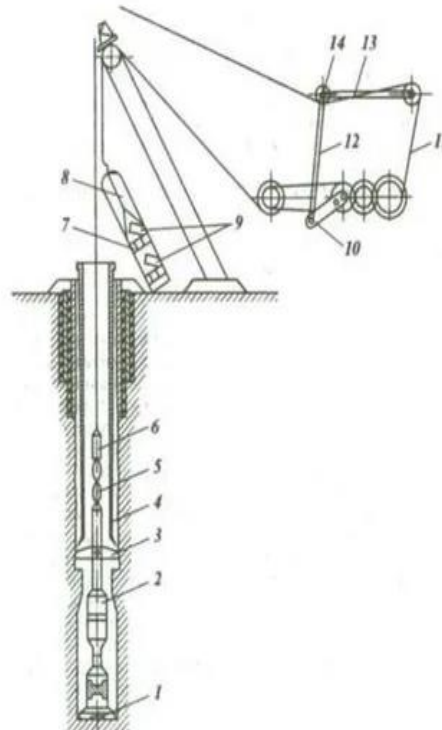
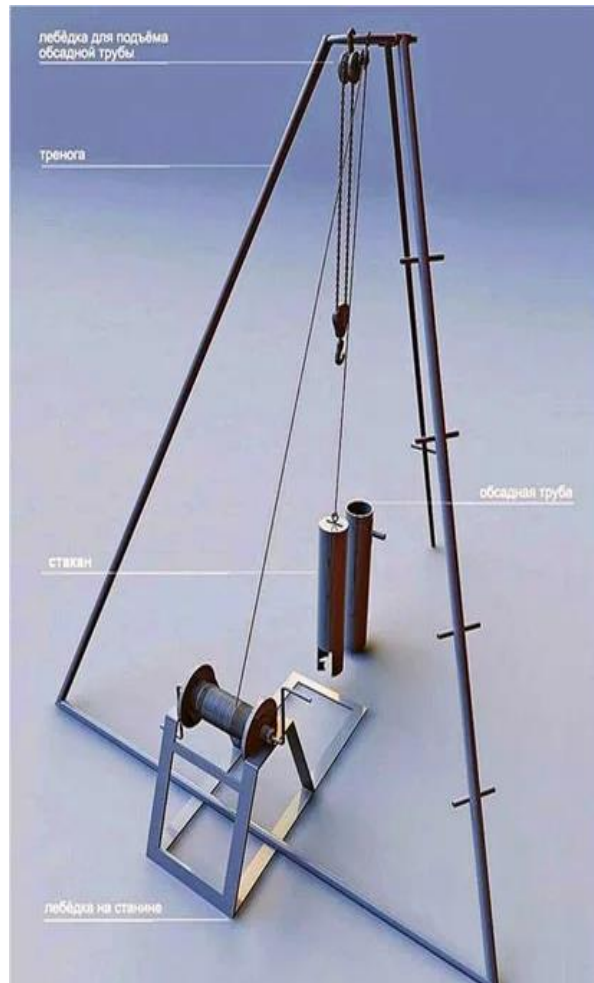


Схема ударно-канатного бурения



- 1 – долото
- 2 – ударная штанга
- 3 – расширитель
- 4 – обсадная колонна
- 5 – раздвижная штанга (ясс, самопад)
- 6 – канатный замок
- 7, 9 – обратные клапаны
- 8 – желонка
- 10, 12 – кривошипно-шатунный механизм
- 11 – инструментальный канат
- 13 – балансирующая рама
- 14 – оттяжной ролик.



Ударно-канатное бурение скважин

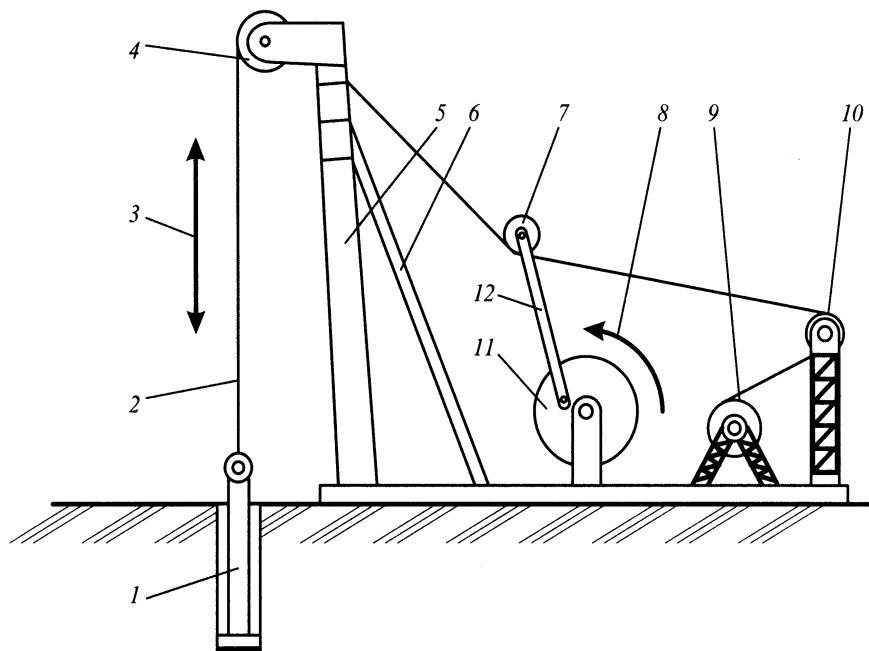
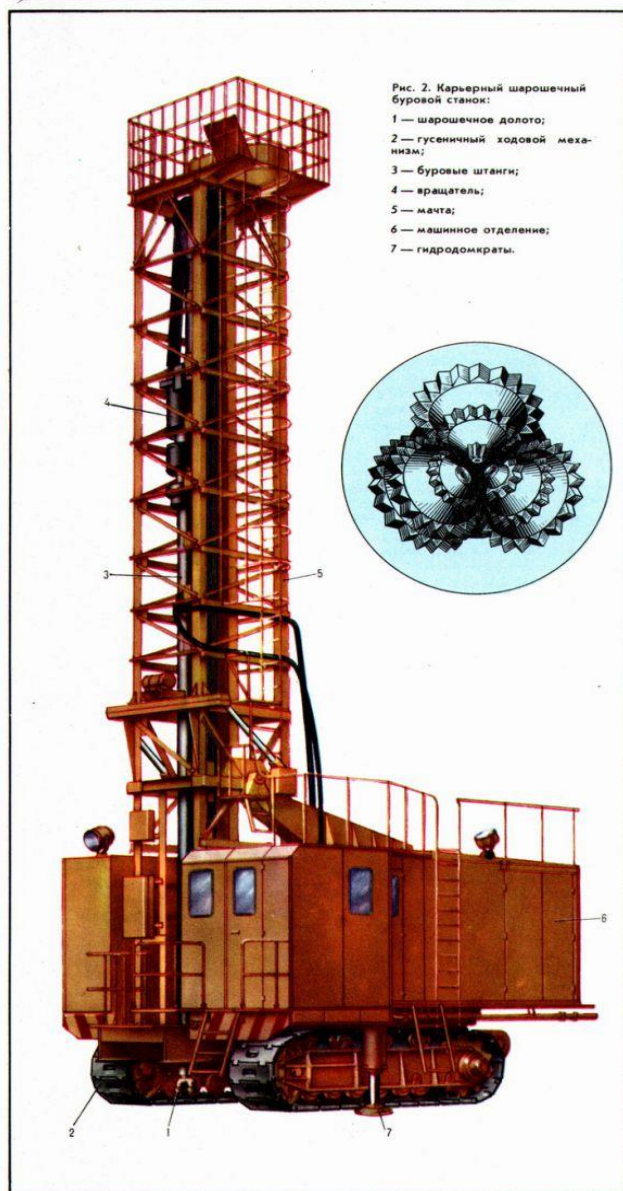


Рис. 6.9. Схема станка ударно-канатного бурения:

1 – буровой снаряд; 2 – грузоподъемный канат; 3 – направление движения грузового каната; 4 – головной блок; 5 – мачта; 6 – подкос; 7 – оттяжной блок, 8 – направление вращения кривошипного колеса; 9 – подъемный барабан; 10 – направляющий блок; 11 – кривошипное колесо, 12 – шатун







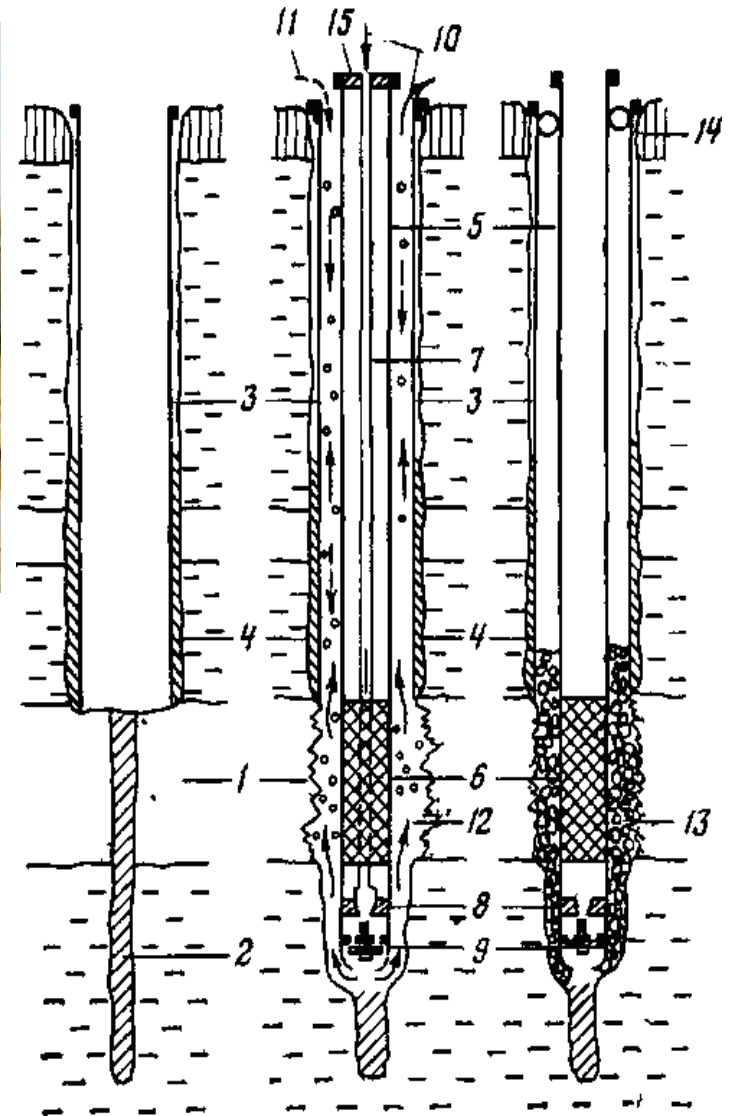
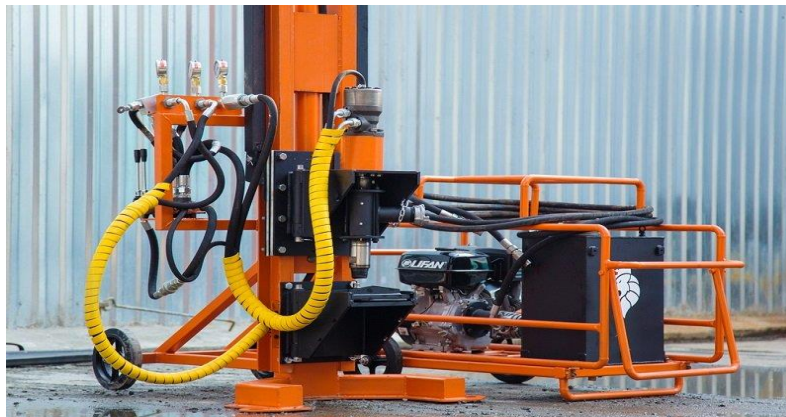
Шарошечное бурение скважин



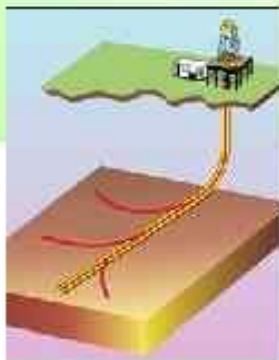
Гидравлический способ бурения скважин



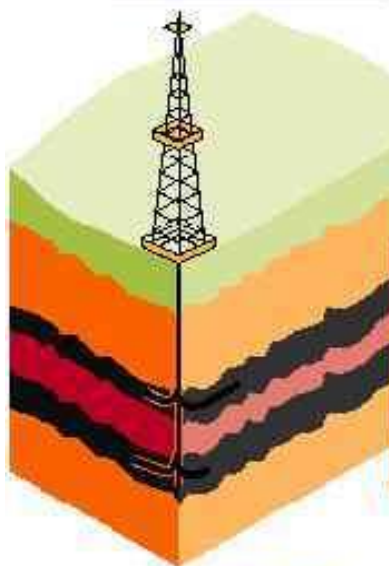
Метод бурения скважин с применением гидравлического размыва пласта и песчано-гравийной обсыпки фильтра



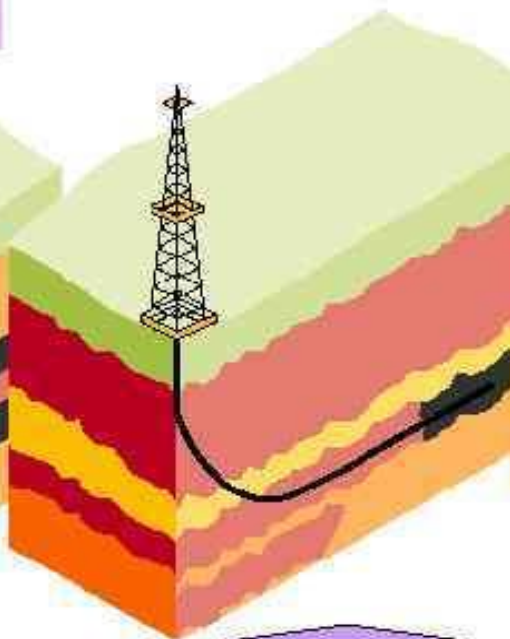
Способы и виды бурения



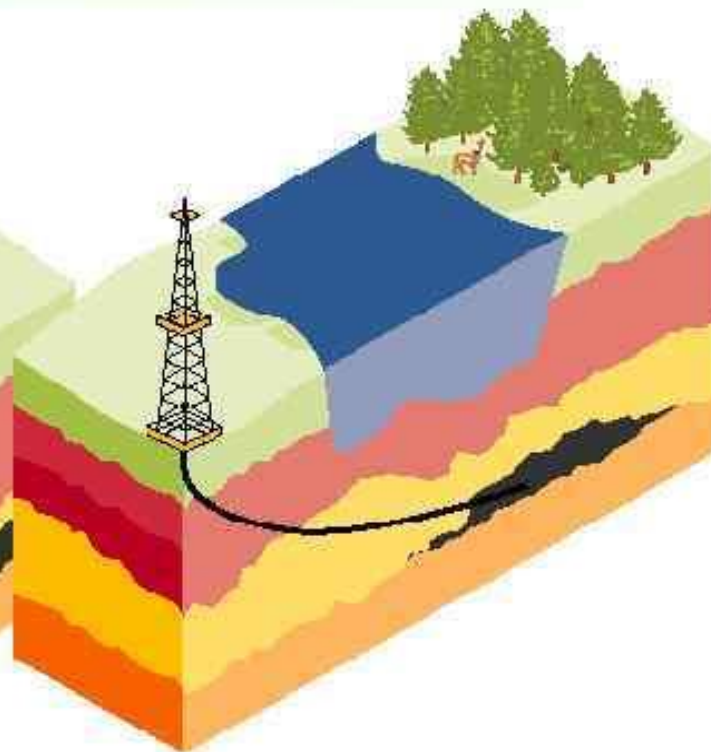
многозабойное



вертикальное



горизонтальное



наклоннонаправленное

Типы скважин

В зависимости от условий месторождения скважины бывают:

