

## *Лекция 2*

# **СПОСОБЫ БУРЕНИЯ СКВАЖИН**

## **Рассматриваемые вопросы**

- 1. Понятие о скважине и ее элементах**
- 2. Производственный цикл строительства скважины**
- 3. Основные операции при бурении**
- 4. Классификация буровых скважин**
- 5. Способы бурения скважин**

# 1. Понятие о скважине и ее элементах

**Скважина** - горнотехническое сооружение в недрах, осевая протяженность которого значительно превышает поперечные размеры (диаметр), построенное без доступа в него человека.

Скважины предназначены для использования полезных свойств недр.

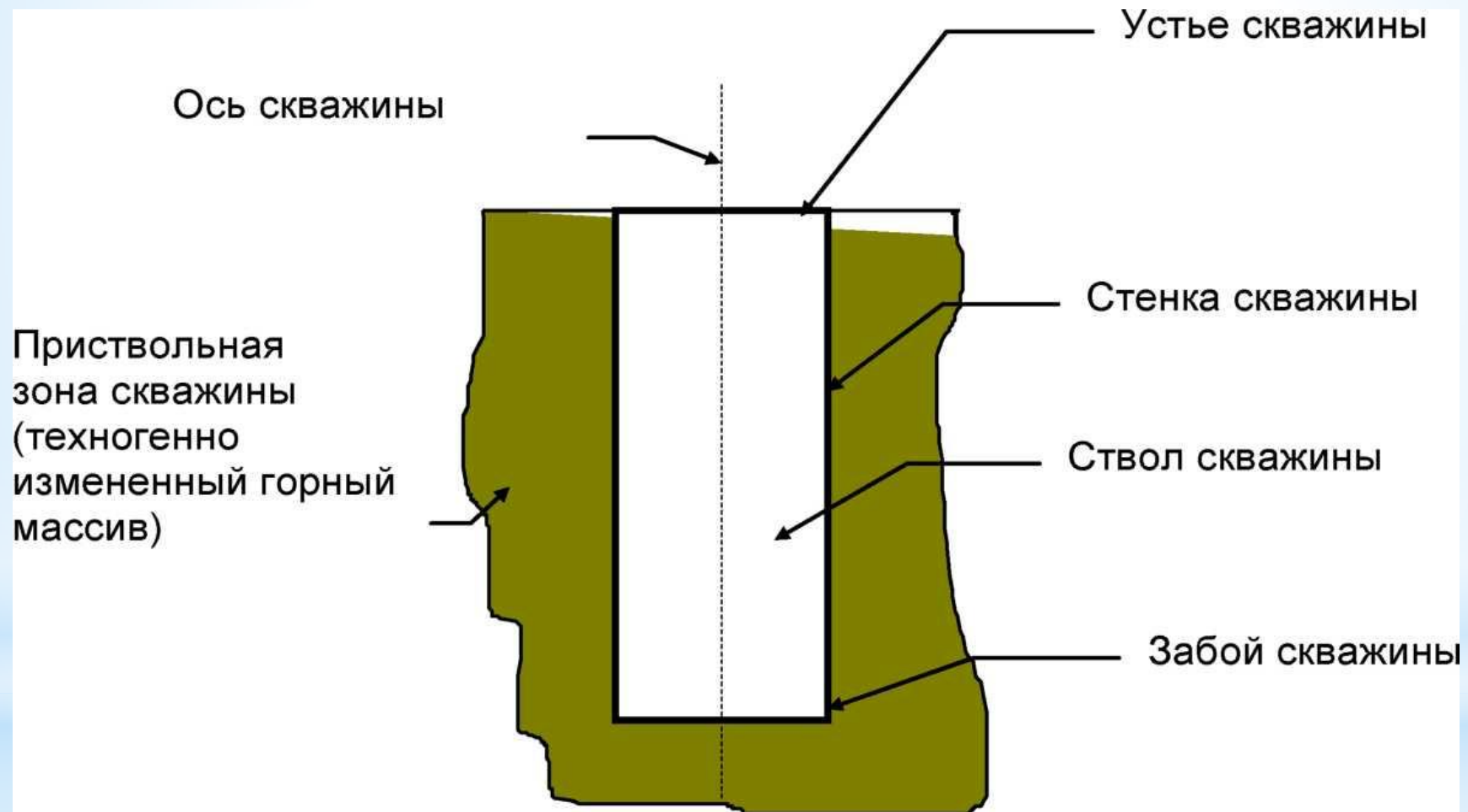
**Недра** - часть земной коры, расположенная ниже почвенного слоя, а при его отсутствии - ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающаяся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения.

# **Скважина - горнотехническое сооружение (система)**

***Горная подсистема*** - массив пород вокруг ствола скважины, свойства которого в результате бурения изменились по сравнению с исходными (техногенный массив).

***Техническая подсистема*** - подземное и наземное оснащение скважины.

# Элементы горной подсистемы скважины



# ***Элементы горной подсистемы скважины***

***устье скважины*** - место пересечения контура скважины с поверхностью, с которой началось ее бурение;

***ось скважины*** - воображаемая линия, проходящая через условные центры поперечных сечений скважины.

**В проектных документах ось скважины имитирует траекторию ее ствола.**

**Ось скважины имеет сложную пространственную форму.**

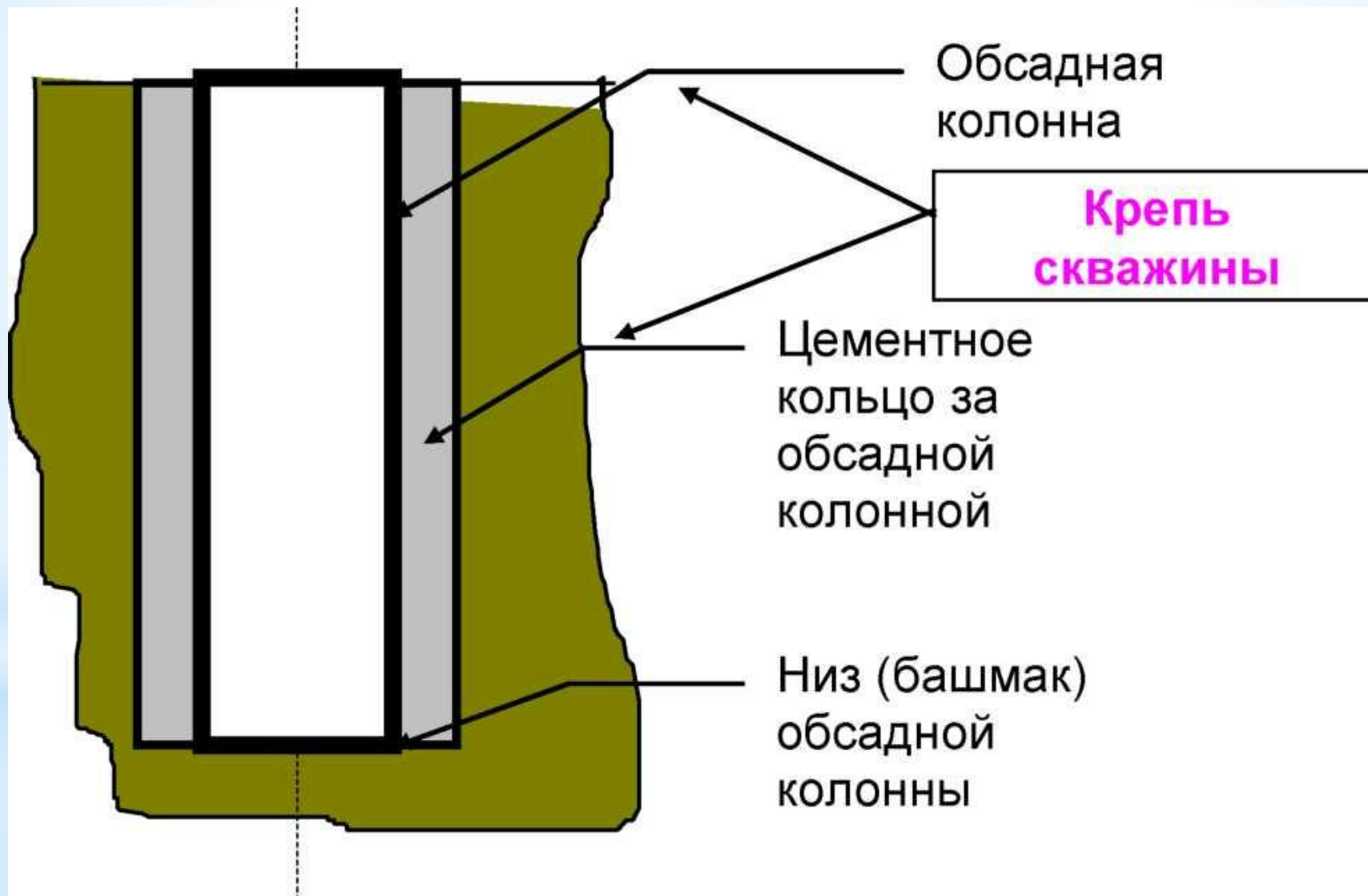
# ***Элементы горной подсистемы скважины***

***стенка скважины*** - боковая поверхность скважины по отношению к ее оси;

***забой*** - поверхность, по которой происходит разрушение горной породы рабочим инструментом в процессе углубления скважины (дно скважины);

***ствол скважины*** - пространство в массиве горных пород, ограниченное контурами скважины, т.е. ее устьем, стенками и забоем. Имеет условно цилиндрическую форму.

## Элементы технической подсистемы скважины



# **Элементы технической подсистемы скважины**

**обсадная колонна (ОК)** - колонна труб, спущенных в скважину, имеющая постоянную или временную связь (сцепление) с ее стенками;

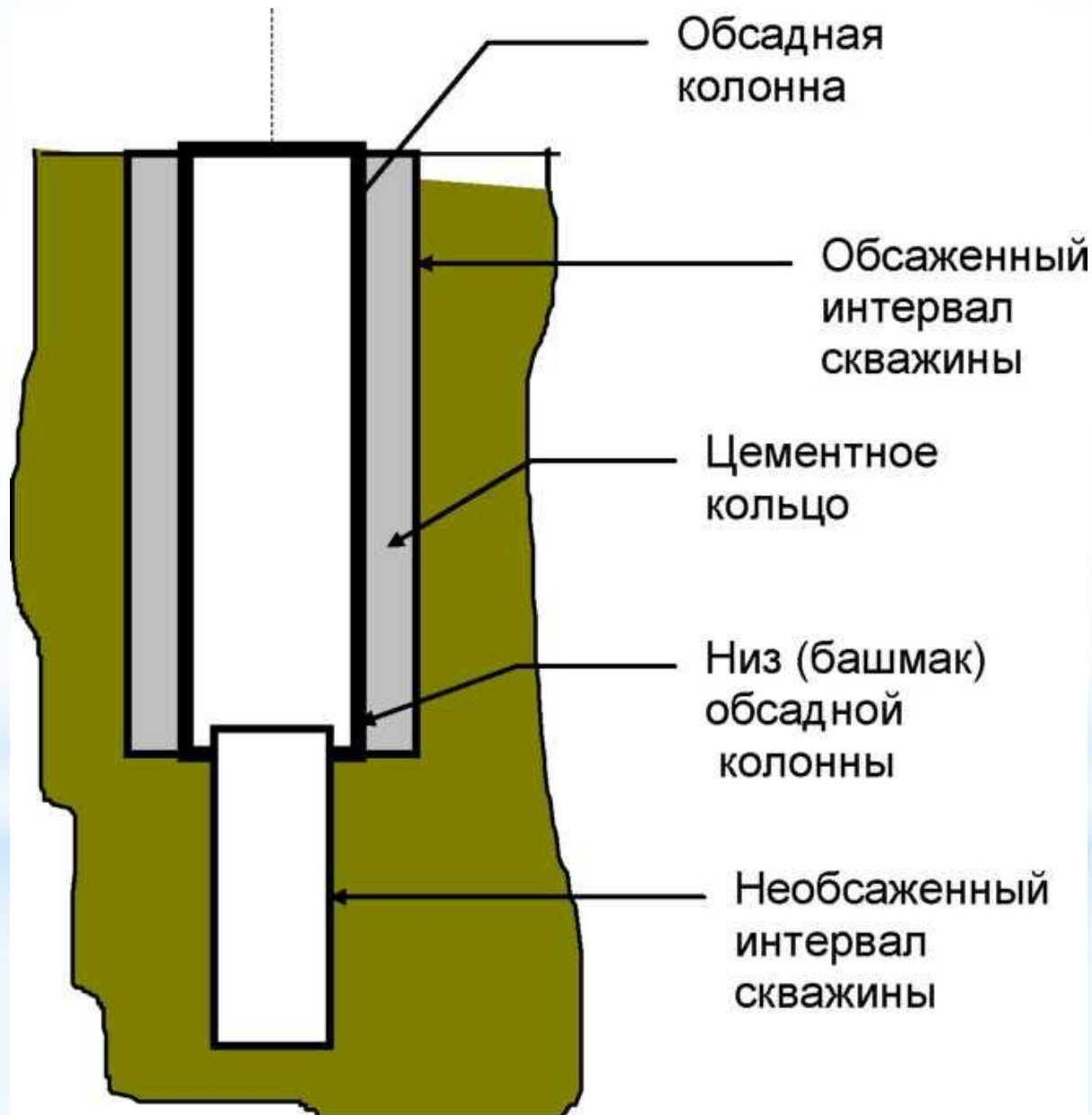
**цементное кольцо** - цементный камень, заполняющий пространство между стенкой ствола скважины и ОК (кольцевое пространство);

**башмак** - элемент низа ОК;

**крепь скважины** - система последовательно спущенных в скважину и зацементированных ОК.



# Скважина - горнотехническое сооружение



# **Скважина - горнотехническое сооружение**

**обсаженный интервал** (обсаженная часть ствола скважины) - интервал вдоль оси скважины, в котором ее стенки закреплены (перекрыты) ОК;

**необсаженный интервал** (открытый ствол) - интервал по оси скважины, где нет ОК;

**выход** [ствола скважины] **из под башмака** - расстояние от башмака (низа ОК) до забоя скважины;

# **Скважина - горнотехническое сооружение**

**глубина скважины** - расстояние от устья до забоя, измеренное по вертикали. Иногда для удобства отсчет глубины ведут от принятой нулевой отметки на поверхности над устьем;

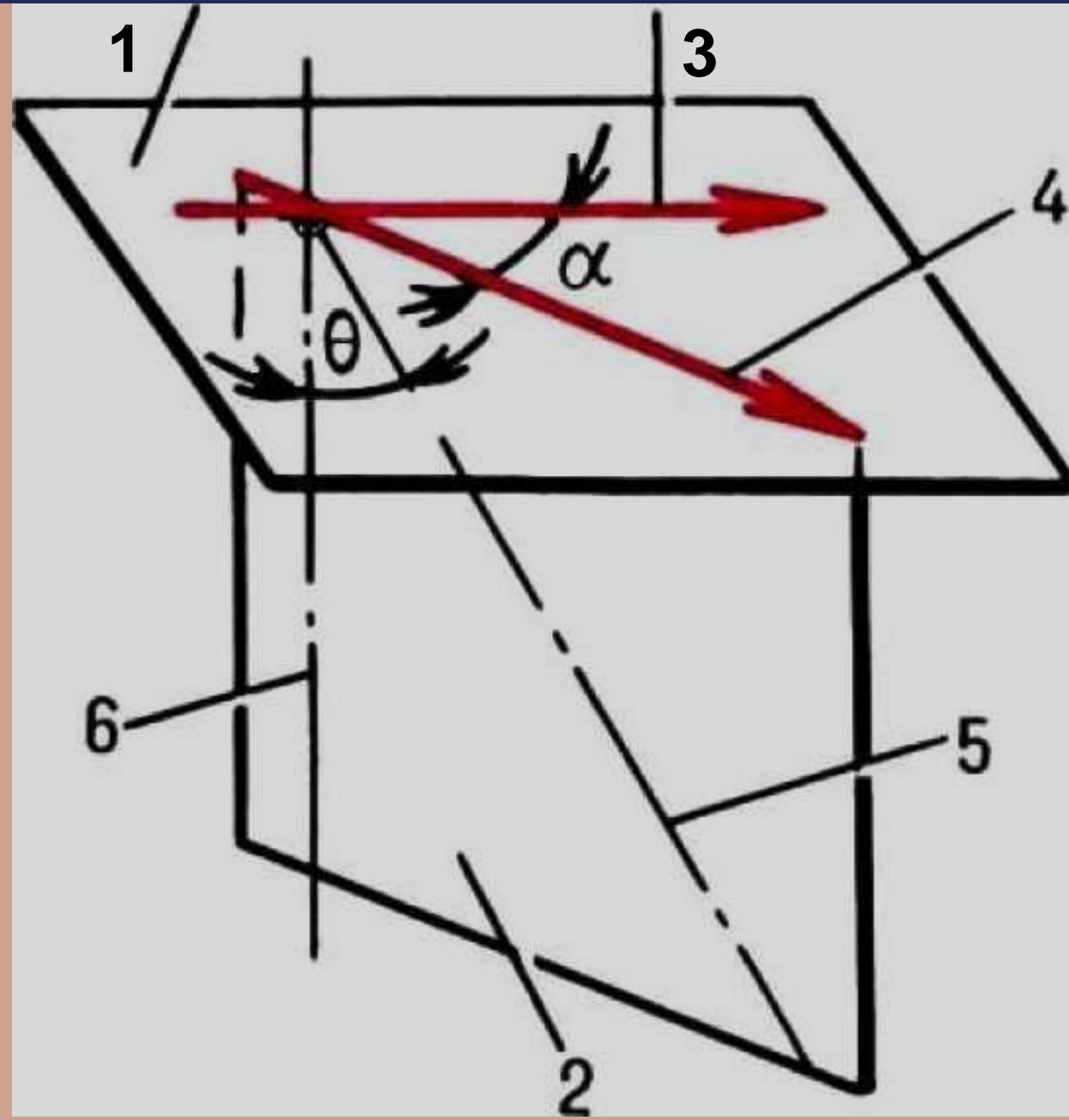
**протяженность (длина) ствола скважины** - расстояние от устья до забоя, измеренное по оси скважины;

**альтитуда (абсолютная высота) устья**

**скважины** - расстояние от точки земной поверхности до уровня поверхности, принятой в геодезической сети за исходную.

# Элементы, определяющие пространственное положение скважины

- 1 - горизонтальная плоскость;
- 2 - плоскость оси скважины;
- 3 - направление начала отсчёта;
- 4 - направление скважины;
- 5 - ось скважины;
- 6 - вертикаль;
- $\theta$  - зенитный угол;
- $\alpha$  - азимут.



**Зенитным углом  $\theta$**  называется угол между осью скважины и вертикалью.

---

**Азимутальным углом  $\alpha$**  называется угол, измеряемый по часовой стрелке в горизонтальной плоскости между определенным направлением, проходящим через ось скважины, и проекцией оси скважины на горизонтальную плоскость.

Если отсчет азимута производится от географического меридиана, то получают *истинный азимут*, от магнитного меридиана - *магнитный*, от произвольного направления на репер - *условный*.

**Углом наклона скважины** называется угол между осью скважины и горизонтальной плоскостью

## 2. Производственный цикл

**Полный цикл строительства скважины состоит из следующих основных элементов:**

- 1) монтаж вышки, бурового (силового) оборудования и строительство привышечных сооружений;**
- 2) подготовительные работы к бурению скважин;**
- 3) процесс бурения (углубления);**
- 4) вскрытие полезного ископаемого, а при бурении на воду, нефть и газ - вскрытие и разобщение пластов (крепление и цементирование);**
- 5) опробование полезного ископаемого, испытание скважины на приток нефти, газа или воды (освоение);**
- 6) ликвидационные работы, или подготовительные работы к передаче в эксплуатацию, или консервация скважины - в зависимости от результатов испытания;**
- 7) демонтаж оборудования и вышки.**

# 3. Основные операции при бурении

---

Процесс бурения состоит из следующих операций:

- **Спуско-подъемные работы** (опускание бурильных труб с долотом в скважину до забоя и подъем бурильных труб с отработанным долотом из скважины)
- **работа долота на забое** (разрушение породы долотом и удаление продуктов разрушения с забоя)
- **закрепление неустойчивых стенок скважины для предупреждения от обрушения.**

## **Одновременно в процессе бурения скважин выполняется ряд вспомогательных работ:**

- отбор керна и шлама,
- приготовление промывочной жидкости (раствора),
- геофизические исследования скважин (ГИС) (каротаж),
- замер кривизны ствола скважины (инклинометрия),
- исследование скважины с целью обнаружения полезного ископаемого, вызова притока воды, нефти или газа в скважину (опробование, освоение) и т. п.
- выполнение работ по ликвидации аварий



# 4. Классификация буровых скважин

Все бурящиеся скважины классифицируются по следующим признакам:

- по целевому назначению
- по форме оси
- по глубине

# Классификация буровых скважин по целевому назначению

- *Геологоразведочные*
- *Эксплуатационные*
- *Технические*

# Геологоразведочные скважины по целевому назначению бывают:

- *Картировочные*
- *Поисковые*
- *Разведочные*
- *Гидрогеологические*
- *Артезианские*
- *Инженерно-геологические*
- *Сейсмические*
- *Параметрические*
- *Структурные*
- *Опорные*

# **Эксплуатационные скважины по целевому назначению бывают:**

- **Водозаборные скважины**
- **Нефтяные и газовые скважины**
- **Скважины подземной газификации угля**
- **Скважины для добычи рассолов**
- **Геотехнологические скважины**

# Технические скважины по целевому назначению бывают:

- **Взрывные скважины**
- **Шпуры**
- **Шурфов и шахты**
- **Скважины для замораживания грунтов**
- **Скважины для укрепления грунтов**
- **Водопонижительные или дренажные скважины**  
**Водоспускные скважины**
- **Нагнетательные скважины**
- **Наблюдательные скважины**
- **Внутрипластовые скважины**
- **Вспомогательные скважины**

## **Эксплуатационные скважины бурят**

**для разработки и эксплуатации залежей нефти и газа.**

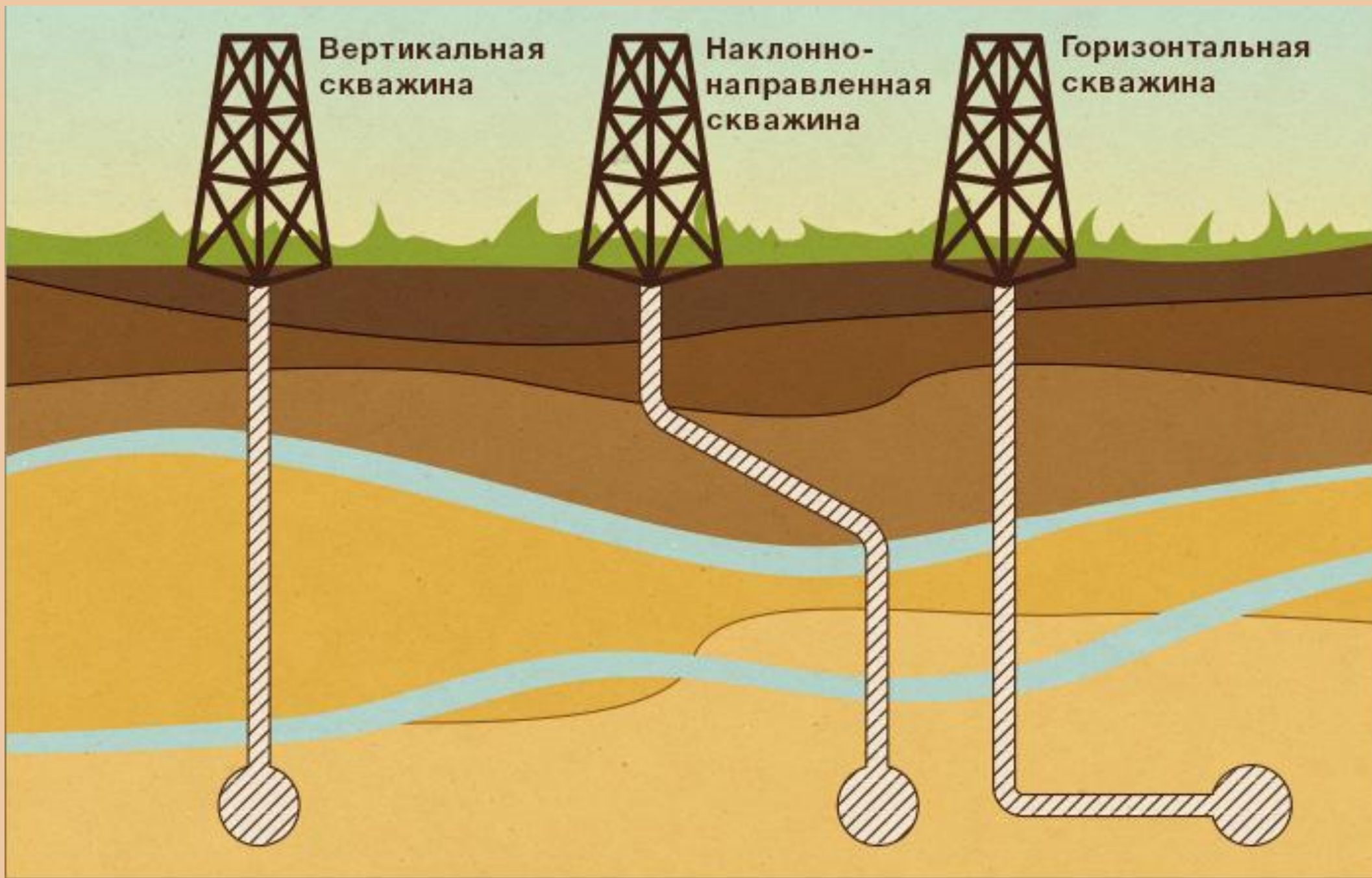
**В эту категорию входят скважины:**

- ***опережающие эксплуатационные,***
- ***эксплуатационные,***
- ***нагнетательные,***
- ***наблюдательные (контрольные, пьезометрические).***

# Классификация буровых скважин форме оси

- ❖ **Вертикальные** - скважины, отклонение оси которых от вертикали, проходящей через их устье, находится в допустимых пределах.
- ❖ **Наклонно направленные** - скважины, которые целенаправленно бурится по заданной траектории с отклонением забоя от вертикали, проходящей через устье скважины
- ❖ **Горизонтальные** - наклонно направленные скважины, конечный интервал которых проходит по простиранию полого падающего или горизонтального пласта или с незначительным отклонением от горизонтали.

# Наклонно-направленные скважины





# Классификация скважин по глубине

- ✓ **неглубокие** (глубина скважин достигает сотни метров)
- ✓ **глубокие** (глубина скважин до 8000 м). Скважин глубиной более 6 км пробурено свыше 1,5 тыс
- ✓ **сверхглубокие** (глубина скважин более 8000 м). В мире насчитывается только 10 таких скважин

# 10 самых глубоких скважин в мире

<b>Место</b>	<b>Название</b>	<b>Страна</b>	<b>Глубина</b>
1	Кольская	СССР	12262
2	КТБ-Оберпфальц	Германия	9900
3	Берта Роджерс	США	9583
4	Бейден-Юнит	США	9159
5	КТБ Хауптборунг	Германия	9100
6	Юниверсити	США	8686
7	Цистердорф	Австрия	8553
8	Саатлинская	СССР (совр.Азербайджан)	8324
9	Ен-Яхинская	Россия	8250
10	Шевченковская	СССР (Украина)	7520

Кольская сверхглубокая (СССР, 12 262 м)



**Занесена в Книгу рекордов Гиннеса как «самое глубокое вторжение человека в земную кору». Когда в мае 1970 года у озера с труднопроизносимым названием Вильгискоддеоайвинъярви начиналось бурение, предполагалось, что скважина достигнет глубины в 15 километров. Но из-за высоких (до 230 С) температур работу пришлось свернуть. На данный момент Кольская скважина законсервирована**



## ОР-11 (Россия, 12 345 м)



В январе 2011 года компания Exxon Neftegas закончила бурение самой длинной скважины с большим отходом от вертикали на месторождении «Одопту». Она поставила рекорд по протяженности горизонтального ствола – 11,475 метров. Проходчики смогли завершить работу всего за 60 дней. Общая длина ствола скважины составила 12345 метров (7,67 мили), тем самым установлен новый мировой рекорд по бурению скважин с большим отходом забоя от вертикали .

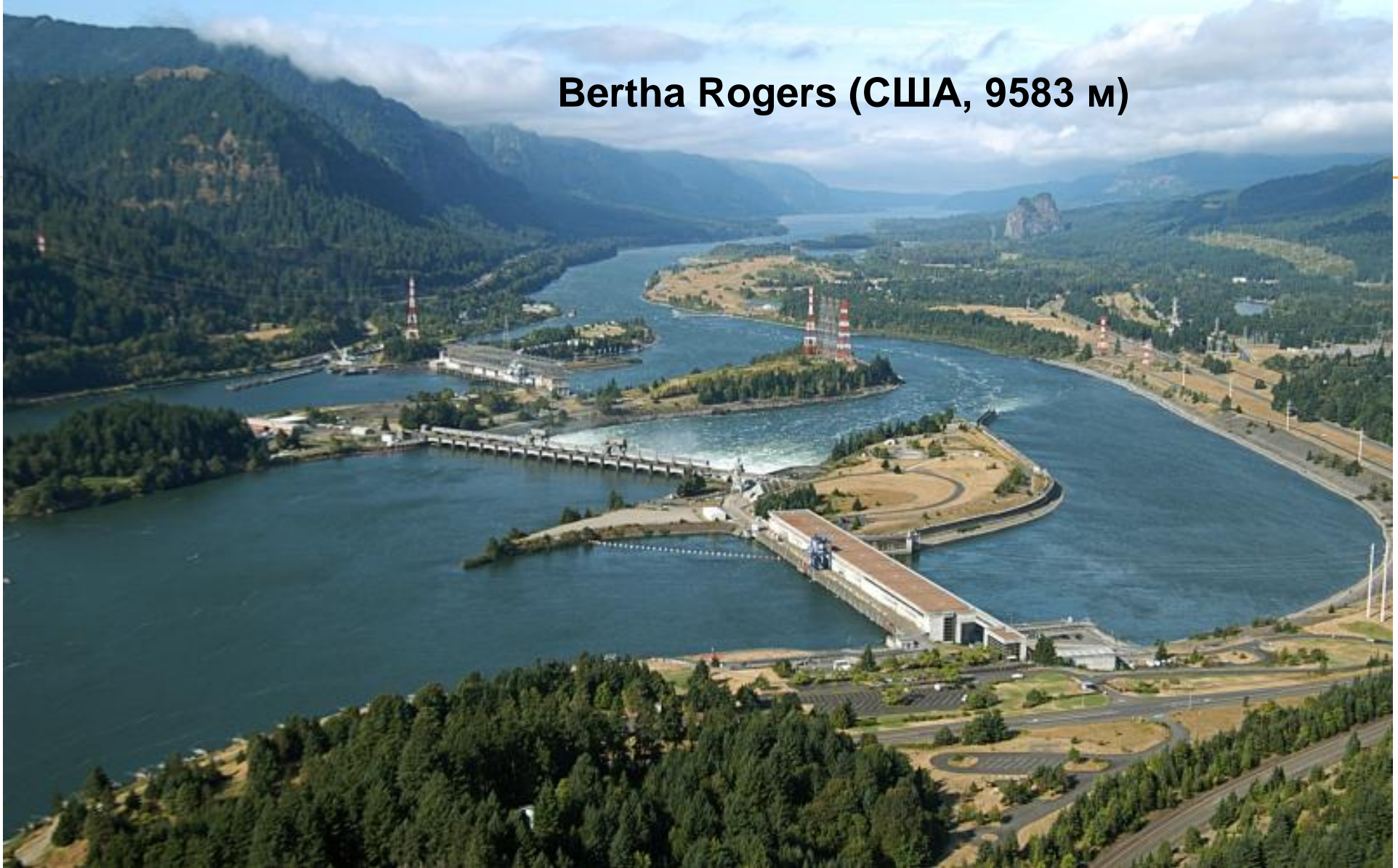
BD-04A (Катар, 12 289 м)



**В 2009 на нефтяном месторождении Al-Shaheen в Катаре была пробурена геологоразведочная скважина BD-04A. Примечательно, что буровая платформа компании Maersk смогла достигнуть отметки в 12 километров в рекордные 36 дней!**



## Bertha Rogers (США, 9583 м)



**Сверхглубокая скважина, созданная в районе нефтегазоносного бассейна Анадарко в штате Оклахома в 1974 году. Весь процесс бурения занял у рабочих компании Lone Star 502 дня. Работу пришлось прекратить, когда проходчики наткнулись на глубине 9,5 километров на расплавленное месторождение серы.**



## Baden Unit (США, 9159 м)



**Скважина, пробуренная компанией Lone Star вблизи города Анадарко. Ее разработка началась в 1970 году и продолжалась на протяжении 545 дней. Всего на эту скважину ушло 1,700 тонн цемента и 150 алмазных долот. А ее полная стоимость обошлась компании в 6 млн долларов.**

## Haupthohrung (ФРГ, 9101 м)



**Сверхглубокая скважина Хауптборунг, бурилась с 1990 по 1994 год в Германии. Она стала одной из самых известных сверхглубоких скважин благодаря открытости данных буровых и научных работ.**



## Zistersdorf UT2A (Австрия, 8553 м)



**В 1977 году в районе венского нефтегазоносного бассейна, была пробурена скважина Zistersdorf UT1A. Когда на глубине 7544 м обнаружили неизвлекаемые запасы газа, первая скважина неожиданно обрушилась, и компании OMV пришлось пробурить вторую. Однако на этот раз проходчики не нашли углеводородных ресурсов глубокого залегания.**



- Suspected
- Rejected
- ✦ Exposed
- ✦ Unexposed

## Siljan Ring (Швеция, 6800 м)



В конце 80-х годов в Швеции в кратере Сильян Ринг пробурили одноименную скважину. По гипотезе ученых, именно в том месте предполагалось найти месторождения природного газа небиологического происхождения. Результат бурения вызвал разочарование как инвесторов, так и работников науки. Углеводороды в промышленных масштабах обнаружены не были.

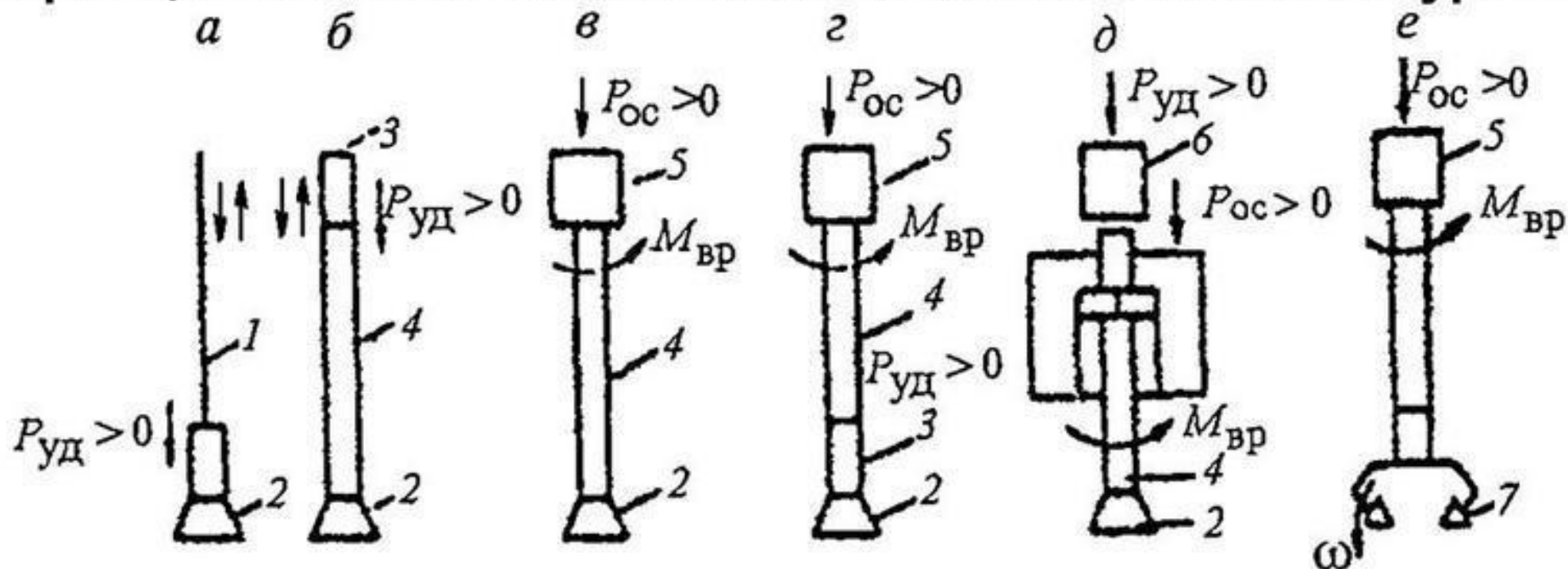
# 5. Способы бурения скважин

Все способы бурения скважин в зависимости от характера разрушения горных пород делится на:

- **механические способы**
- **немеханические способы.**



# Принципиальные схемы механических способов бурения



а – ударное; б – ударно-поворотное; в – вращательное (сплошное и колонковое); г – ударно-вращательное; д – вращательно-ударное; е – шарошечное бурение

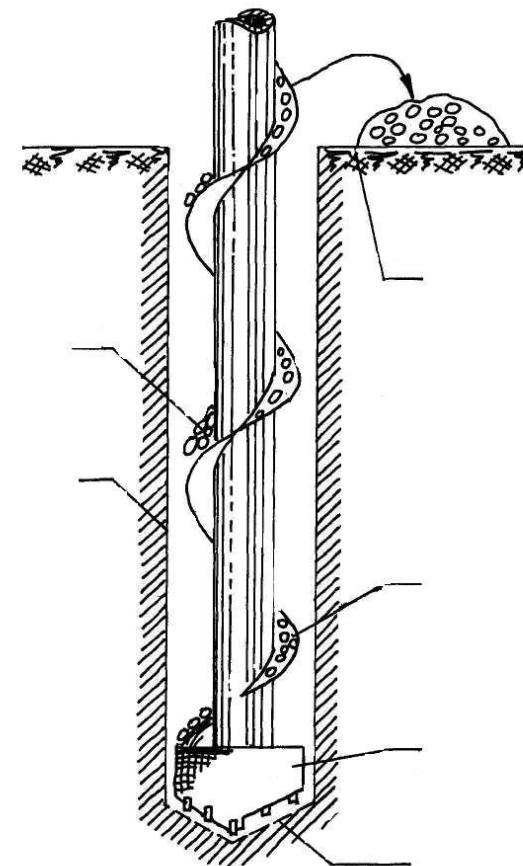
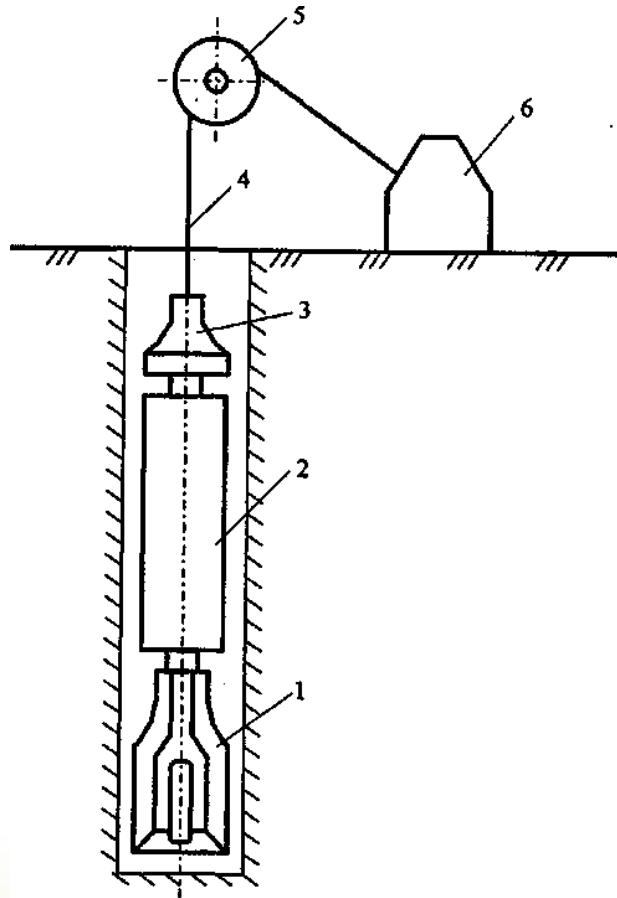
1 — канат; 2 — долото; 3 — ударно-поворотный механизм; 4 — штанга; 5 — вращатель; 6 — ударный механизм; 7 — шарошки;  $P_{уд}$  — ударное воздействие;  $P_{ос}$  — осевое усилие;  $M_{вр}$  — крутящий момент;  $\omega$  — угловая скорость вращения долота

# Механические способы бурения

В зависимости от движения породоразрушающего инструмента механические способы бурения делятся на виды:

**ударный способ**

**вращательный способ**



# Ударное бурение

---

При **ударном бурении** порода разрушается по всей площади поперечного сечения скважины под действием ударов буровыми клиновыми наконечниками, называемыми долотами.

Такой способ бурения называется **бурением сплошным забоем**.

## Ударное бурение делится на:

- **ударно-поворотное** - удары по забою производятся периодически поворачиваемся буровым инструментом;
- **ударно-вращательное** - удары наносятся по непрерывно вращающемуся буровому инструменту;
- **вращательно-ударное** - буровой инструмент находится под большой осевой нагрузкой в постоянном контакте с забоем скважины и разрушает горную породу в результате вращения и периодически наносимых по инструменту ударов.

В зависимости от способа спуска породоразрушающего инструмента на забой ударное бурение делится на:

➤ **штанговое** при котором буровые наконечники опускаются в скважину и приводятся в действие металлическими стержнями - штангами

➤ **канатное** при котором буровые наконечники опускаются в скважину и приводятся в действие канатом.

Ударное бурение на штангах может производиться с промывкой забоя скважины или без промывки.



# Вращательное бурение

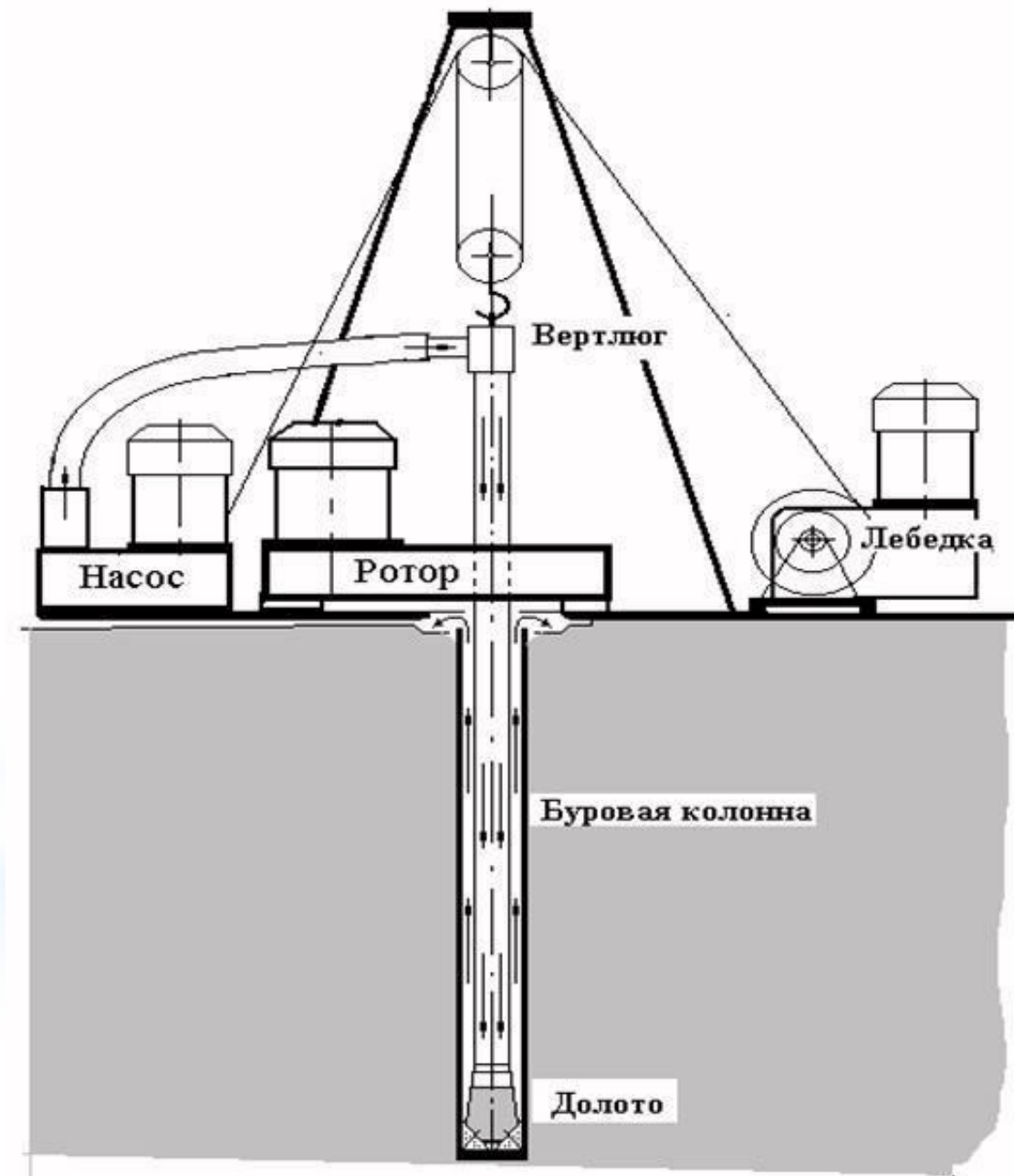
При **вращательном бурении** порода срезается или раздавливается и истирается в забое специальными режущими и дробящими долотами или резцами коронок.

В зависимости от того, где расположен привод породоразрушающего инструмент вращательное бурение делится на:

- ❖ роторное
- ❖ турбинное

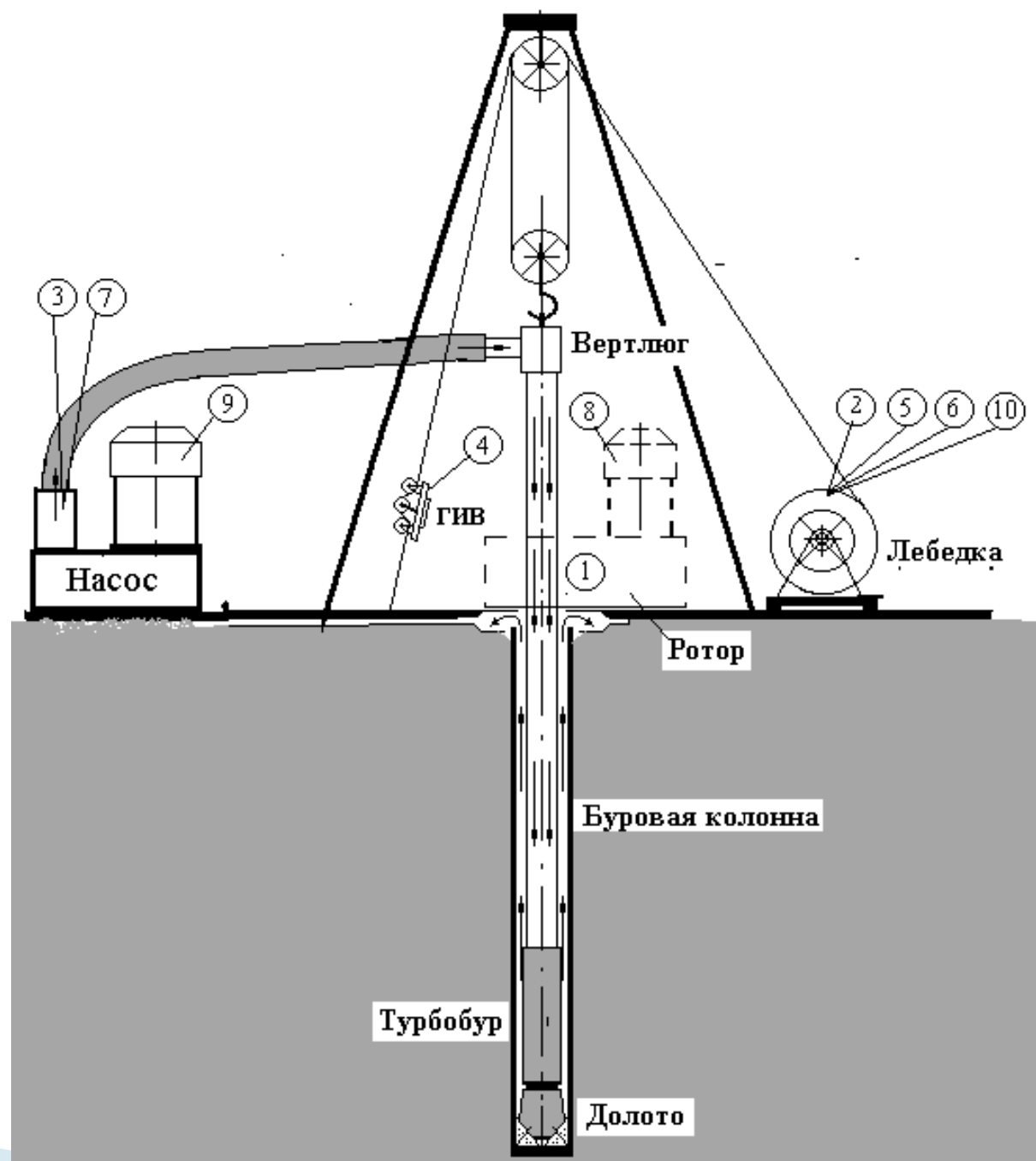
# Роторное бурение

Бурение при котором колонна бурильных труб с долотом на нижнем конце приводится во вращение ротором, установленным над устьем скважины;



# Турбинное бурение

Бурение с использованием электробура и винтовых забойных двигателей когда горная порода разрушается в результате вращения прижатого к забою породоразрушающего инструмента (бурового долота)



# Немеханические способы бурения

- ❖ **термические (огнеструйное, плазменное, лазерное)**
- ❖ **взрывные**
- ❖ **электрические (электроимпульсное, электрогидравлическое, электромагнитное)**
- ❖ **ультразвуковое и т.д.**