Министерство образование и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Пермский государственный национальный исследовательский университет»
(ПГНИУ)
Кафедра поисков и разведки полезных ископаемых

БУРЕНИЕ СКВАЖИН

Пермь

СКВАЖИНА –

это цилиндрическая горная выработка, имеющая диаметр во много раз меньше ее глубины (длины).

Первые скважины в истории человечества бурили **ударно-канатным способом** за **2000 лет** до нашей эры для добычи рассолов в **Китае**.

Скважины или колодцы использовались в древних цивилизациях, главным образом для добычи подземных вод.

Проходились они вручную или с использованием тягловой силы животных.

До **XIX века** для добычи «горного масла» (нефти) применялись круглые колодцы небольшого диаметра.

С середины **XIX века** в связи с развитием прогресса (появлением паровых машин) для добычи нефти стали буриться скважины.

Скважины являются показателями прогресса

1847 год – Россия – первая скважина на нефть пробурена ручным способом, вращательным способом на Апшероне.
1859 год – США – первая скважина на нефть пробурена ручным способом Эдвином Дрейком в Пенсильвании, глубиной 25 м.

1864 год – Россия, Кубань - Новосильцев пробурил первые скважины на нефть ударно-канатным способом, глубиной до 55 м.

На **рубеже XIX-XX веков** были изобретены дизельный и бензиновый двигатели внутреннего сгорания. Внедрение их в практику привело к бурному развитию мировой нефтедобывающей промышленности.

В **1901 году в США** **впервые было применено вращательное роторное бурение с промывкой забоя циркулирующим потоком жидкости**. Впервые вынос выбуренной породы циркулирующим потоком воды изобрел в 1848 г. французский инженер Фовелль и применил этот способ при бурении артезианской скважины.

В Росси роторным способом первая скважина была пробурена в 1902 году на глубину 345 м в Грозненском районе.

Одной из проблем, стала проблема герметизации затрубного пространства между обсадными трубами и стенками скважины. Решил эту проблему русский инженер А.А. Богушевский, разработавший и запатентовавший в **1906 году** способ закачки цементного раствора в обсадную колонну с последующим вытеснением его через низ (башмак) обсадной колонны в затрубное пространство (**прямое цементирование**). Этот способ цементирования быстро распространился в отечественной и зарубежной практике бурения.

В 1923 г. выпускник Томского технологического института М.А. Капелюшников в соавторстве с С.М. Волохом и Н.А. Корнеевым изобрели **гидравлический забойный двигатель-турбобур**, определивший новый путь развития технологии и техники бурения нефтяных и газовых скважин. **В 1924 году** в Азербайджане была пробурена первая в мире скважина с помощью одноступенчатого турбобура, получившего название турбобура Капелюшникова.

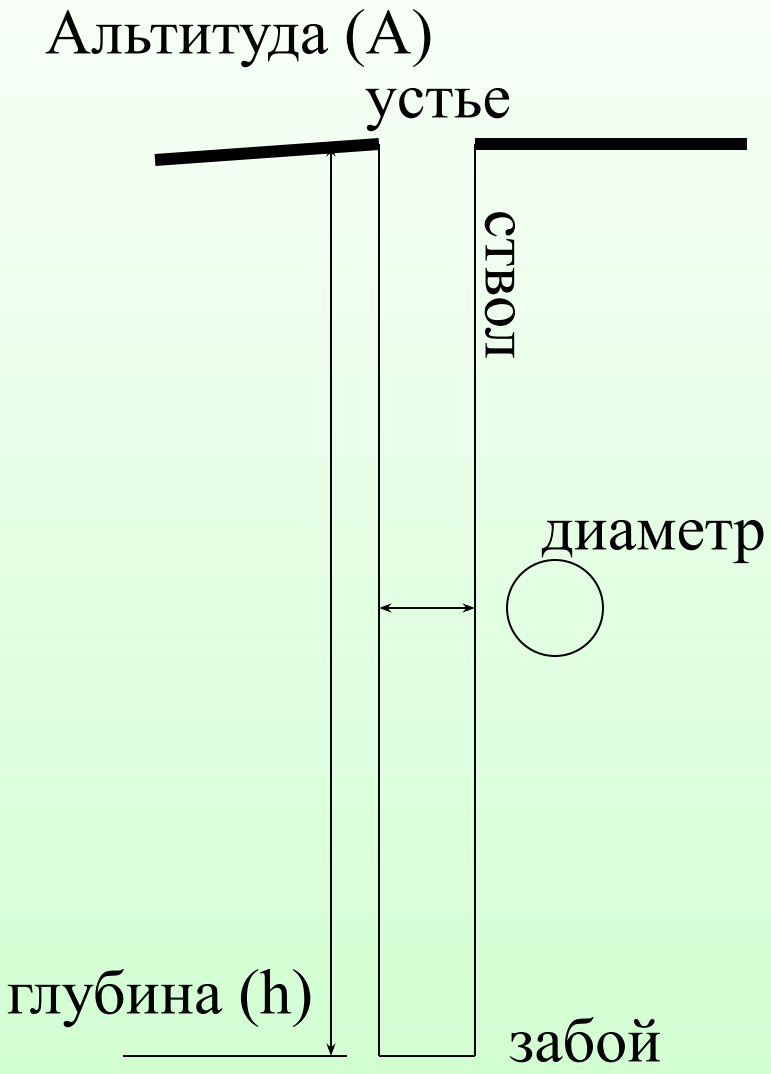
Особое место занимает турбобуры в истории развития бурения наклонных скважин. **Впервые наклонная скважина была пробурена** турбинным способом в 1941 г. в Азербайджане. Совершенствование такого бурения позволило ускорить разработку месторождений, расположенных под дном моря или под сильно пересеченной местностью (болота Западной Сибири). В этих случаях бурят несколько наклонных скважин с одной небольшой площадки, на строительство которой требуется значительно меньше затрат, чем на сооружение площадок под каждую буровую при бурении вертикальных скважин. Такой способ сооружения скважин получил наименование **кустового бурения.**

В 1937-40 годах А.П. Островским, Н.Г. Григоряном, Н.В. Александровым и другими была разработана конструкция принципиально нового забойного двигателя – **электробура.**

В США в 1964 г. был разработан **однозаходный гидравлический винтовой забойный двигатель.**

В 1966 г. в России разработан **многозаходный винтовой двигатель**, позволяющий осуществлять бурение наклонно-направленных и горизонтальных скважин на нефть и газ.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СКВАЖИНЫ



Начало скважины называется **устьем**, боковая цилиндрическая поверхность – стенкой или **стволом**, дно – **забоем**. Расстояние от устья до забоя по оси ствола определяет **длину** скважины, а по проекции оси на вертикаль – ее **глубину** по вертикали.

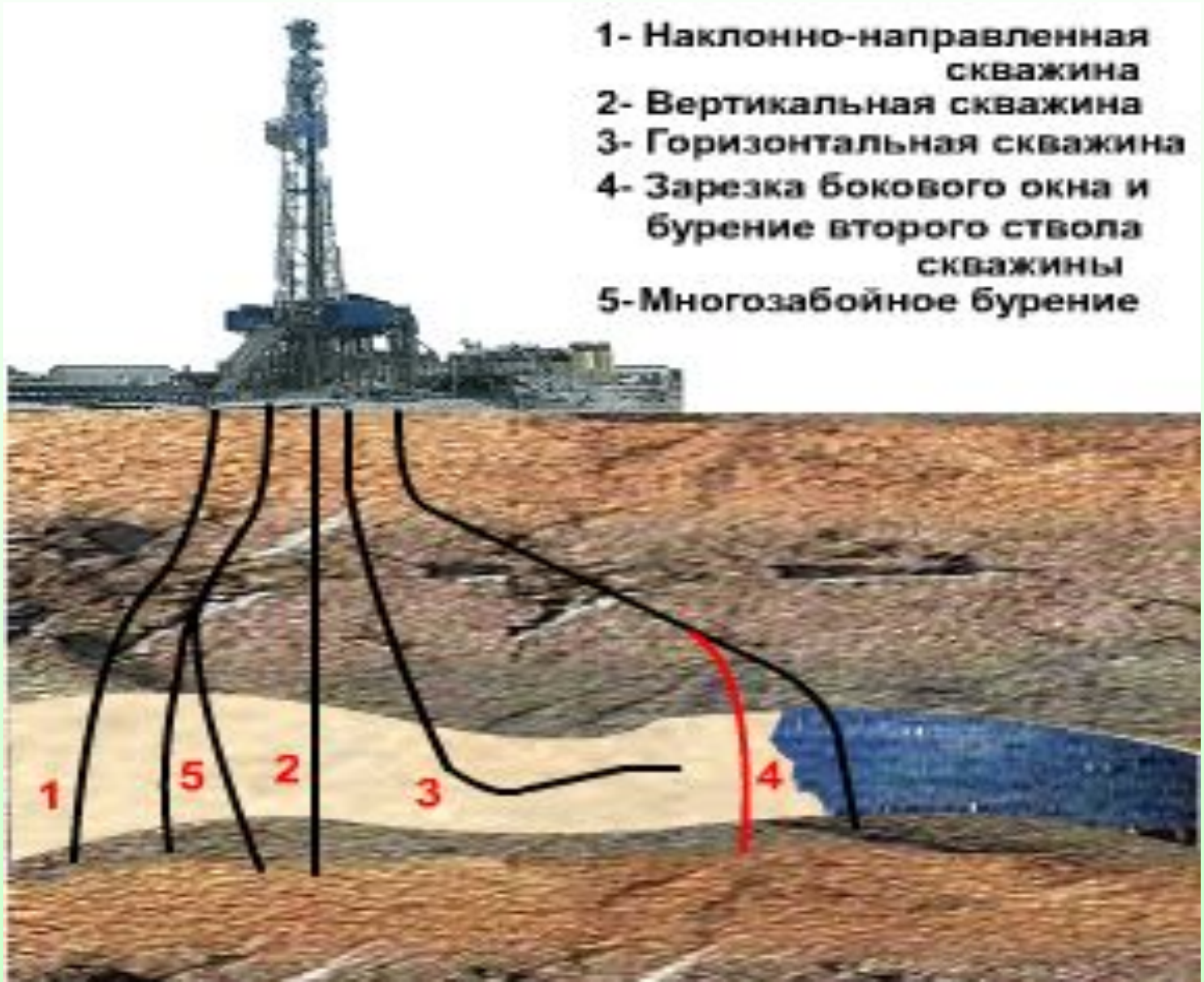
Альтитуда – абсолютная отметка устья скважины.

По пространственному положению ствола различают **вертикальные и наклонные скважины**.

Скважины углубляют, разрушая породу по всей площади забоя (сплошным забоем) или по его периферийной_части (кольцевым забоем). В последнем случае в центре скважины остается колонка породы – **керн**, который периодически поднимают на поверхность для непосредственного изучения.

Диаметр скважины, как правило, уменьшается от устья к забою ступенчато на определенных интервалах. Начальный диаметр нефтяных и газовых скважин обычно не превышает 900 мм, а конечный редко бывает меньше 165 мм. Глубины нефтяных и газовых скважин изменяются в пределах от первых десятков до нескольких тысяч метров.

ВИДЫ СКВАЖИН ПО ПРОСТРАНСТВЕННОМУ ПОЛОЖЕНИЮ СТВОЛА



КЛАССИФИКАЦИЯ СКВАЖИН ПО НАЗНАЧЕНИЮ

Опорные скважины закладываются в районах, не исследованных бурением, они служат для изучения состава и возраста слагающих пород.

Параметрические скважины закладываются в относительно изученных районах с целью уточнения их геологического строения и перспектив нефтегазоносности.

Структурные скважины бурятся для выявления перспективных площадей и их подготовки к поисково – разведочному бурению.

Поисковые скважины бурят с целью открытия новых промышленных залежей нефти

Разведочные скважины бурятся на площадях с установленной промышленной нефтегазоносностью для изучения размеров и строения залежи, получения необходимых исходных данных для подсчета запасов нефти или газа, а также проектирования режима разработки.

Эксплуатационные скважины закладываются в соответствии со схемой разработки залежи и служат для получения нефти или и газа из продуктивного пласта

Нагнетательные скважины используют при воздействии на эксплуатируемый пласт различных агентов (закачка воды, газа) для поддержания пластового давления.

Наблюдательные скважины бурят для контроля за разработкой залежей, изменение давления, положения водонефтяного контакта.

Скважины специального назначения. Бурение скважин специального назначения производится для выполнения специфических задач: глушение открытых фонтанов; проведение ядерных испытаний; добыча геотермальных вод; для сооружения подземных хранилищ газа и т.д.

СООРУЖЕНИЕ СКВАЖИН ПО ЭТАПАМ

1. Геологическое обоснование места сооружения и составление проекта скважины, которые позволяют наилучшим образом выполнить поставленную задачу.

2. Монтаж технических средств для наиболее качественного и экономичного сооружения скважины (**монтаж буровой установки**).

3. Проводку ствола скважины (бурение скважины), обеспечивающую высокую скорость углубления при минимальных затратах.

4. Глубинные геофизические и технологические исследования, позволяющие подробно изучить геологический разрез, термодинамические параметры вскрытых скважиной пластов, отобрать образцы горных пород и пластовых флюидов для лабораторных исследований.

5. Крепление ствола обсадными трубами и цементом, обеспечивающее длительную безаварийную эксплуатацию скважины как инженерного сооружения и ее экологическую безопасность.

6. Вторичное вскрытие (перфорация обсадной колонны), обеспечивающего качественную и надежную гидродинамическую связь продуктивного пласта с полостью эксплуатационной колонны и препятствующего проникновению в колонну горной породы и других загрязняющих УВ примесей.

7. Оборудование устья скважины, включающее, при необходимости, подвеску колонны насосно-компрессорных труб, обеспечивающее качественное испытание скважины и дальнейшую длительную эксплуатацию ее как объекта добычи УВ.

8. Ликвидация или консервация скважины.

ПРОЦЕСС БУРЕНИЯ СКВАЖИНЫ

1. **Спуск бурильных труб с породоразрушающим инструментом в скважину.**

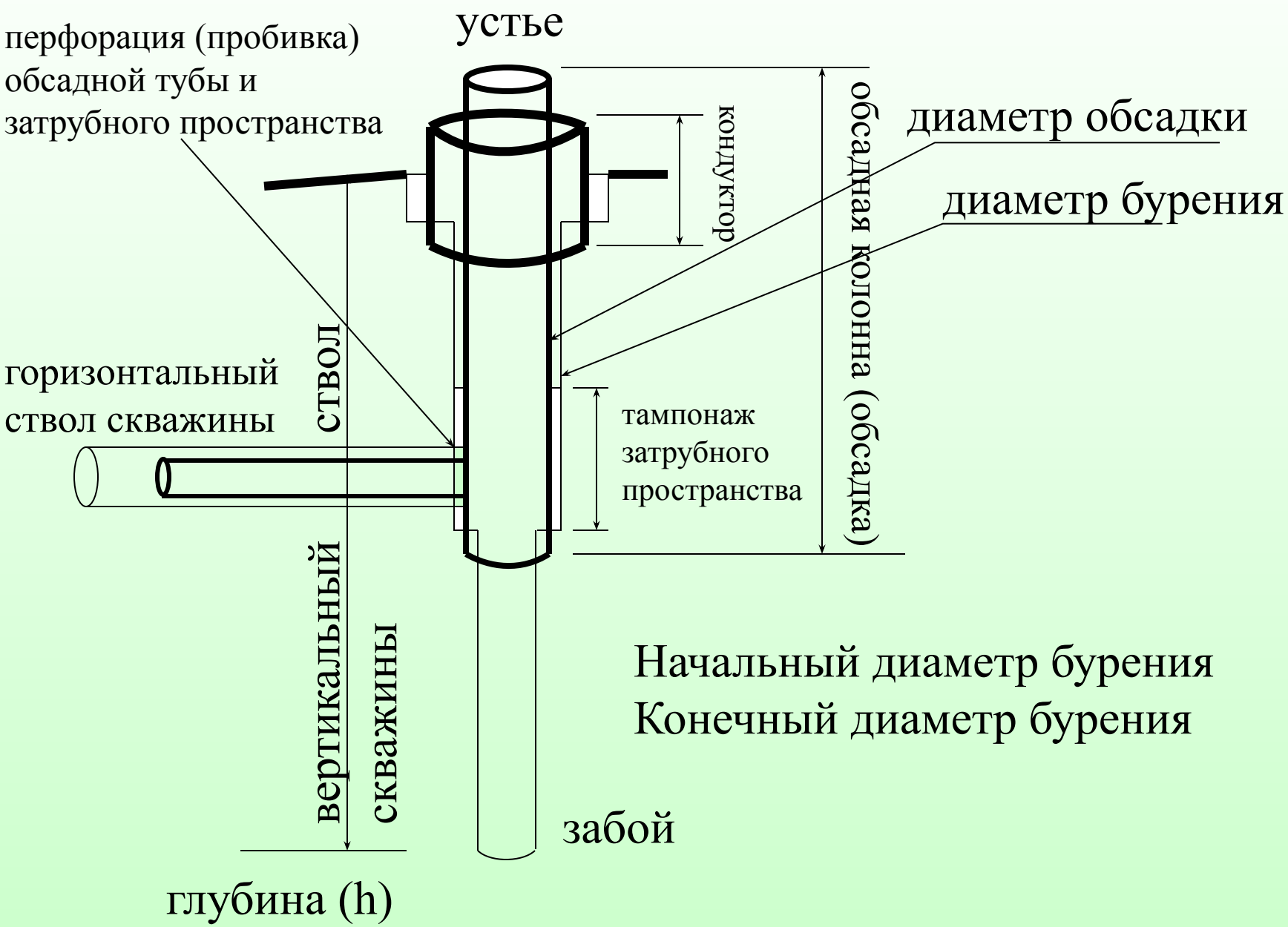
2. **Разрушение породы забоя.**

3. **Вынос разрушенной породы из скважины.**

4. **Подъем бурильных труб из скважины для смены сработавшегося разрушающего инструмента.**

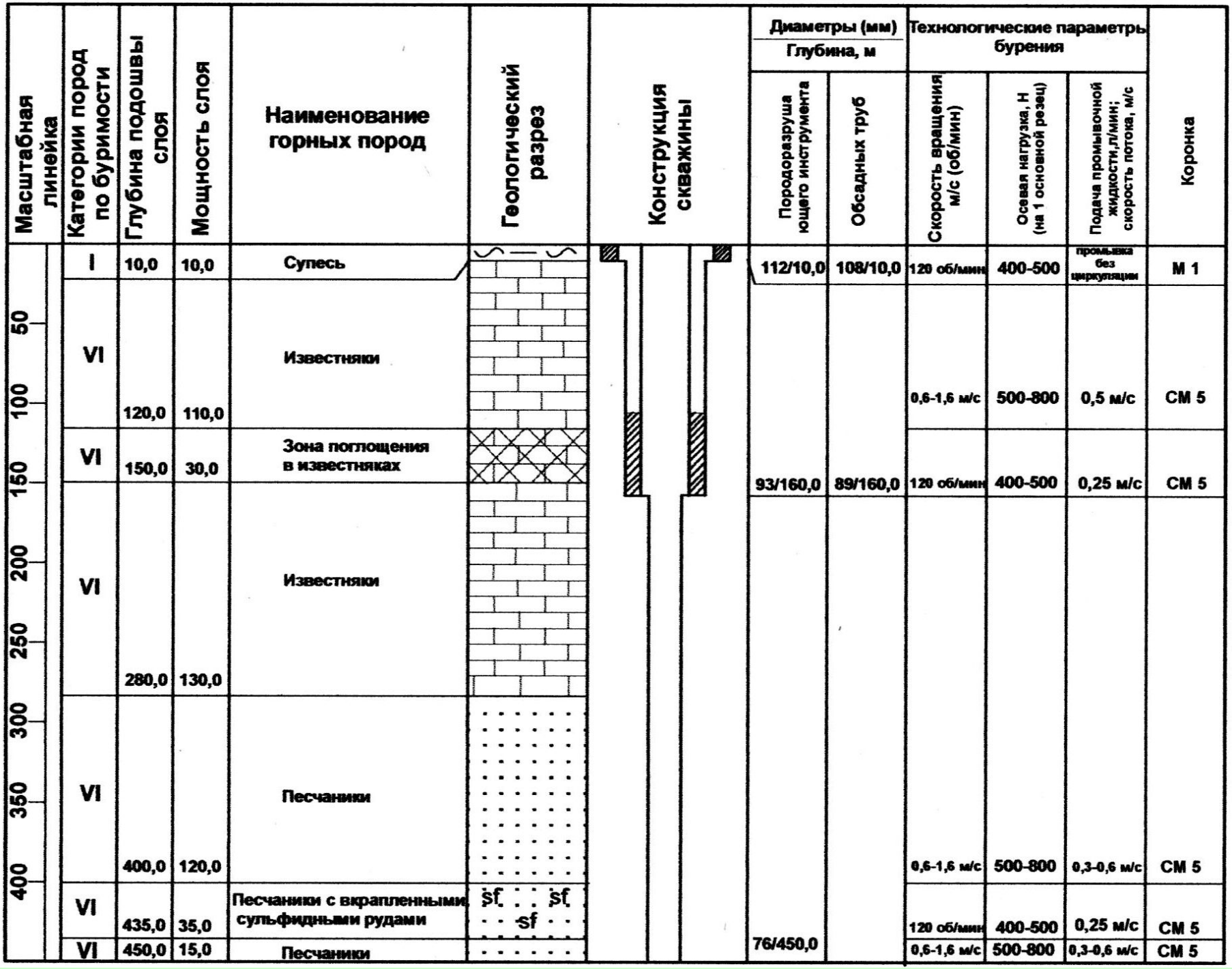
5. **Крепление стенок скважины обсадными трубами с последующим цементированием пространства между стенкой скважины и спущенными трубами.**

КОНСТРУКЦИЯ СКВАЖИНЫ

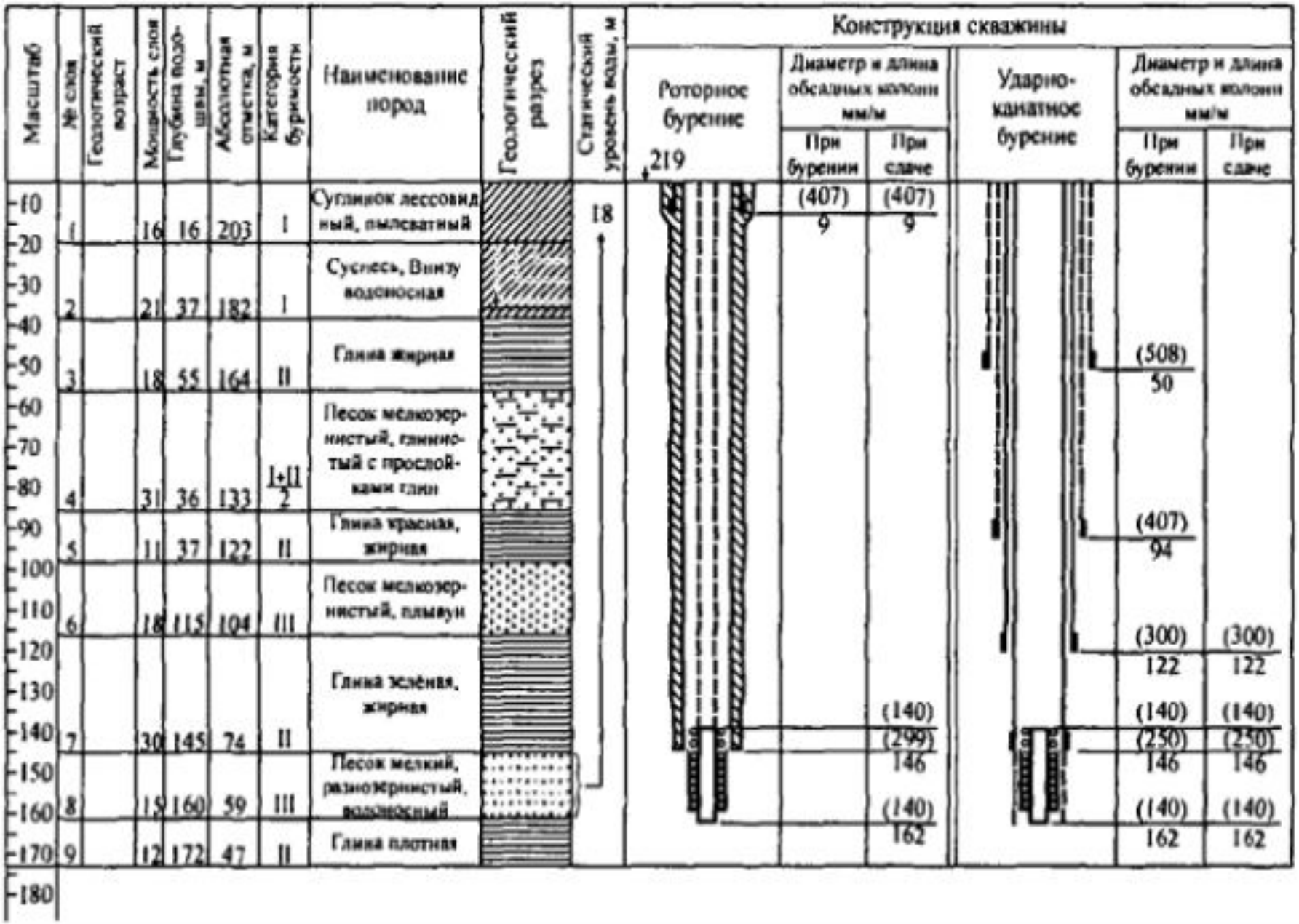


Под конструкцией скважины понимают совокупность данных о числе и глубинах спуска обсадных колонн, диаметрах обсадных колонн, диаметрах ствола скважины для каждой из колонн и интервалах цементирования (глубинах верхней и нижней границ каждого интервала).

Выбор конструкции скважины - основной этап ее проектирования. Он должен обеспечить высокое качество строительства скважины как долговременно эксплуатируемого нефтепромыслового объекта, предотвращение аварий и осложнений в процессе бурения и создание условий для снижения затрат времени и материально-технически средств на бурение.


Масштабная линейка
Категории пород по буримости
Глубина подошвы слоя
Мощность слоя
Наименование горных пород
Геологический разрез
Конструкция скважины
Диаметры (мм)
Глубина, м
Породоразрушающего инструмента
Обсадных труб
Технологические параметры бурения
Скорость вращения м/с (об/мин)
Осевая нагрузка, Н (на 1 основной резец)
Подача промывочной жидкости,л/мин; скорость потока, м/с
Коронка
50
100
150
200
250
300
350
400
I
10,0
10,0
Супесь
112/10,0
108/10,0
120 об/мин
400-500
промывка без циркуляции
М 1
VI
120,0
110,0
Известняки
0,6-1,6 м/с
500-800
0,5 м/с
СМ 5
VI
150,0
30,0
Зона поглощения в известняках
93/160,0
89/160,0
120 об/мин
400-500
0,25 м/с
СМ 5
VI
280,0
130,0
Известняки
VI
400,0
120,0
Песчаники
0,6-1,6 м/с
500-800
0,3-0,6 м/с
СМ 5
VI
435,0
35,0
Песчаники с вкрапленными сульфидными рудами
sf
120 об/мин
400-500
0,25 м/с
СМ 5
VI
450,0
15,0
Песчаники
76/450,0
0,6-1,6 м/с
500-800
0,3-0,6 м/с
СМ 5

ПРОЕКТ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ



Конструкция скважины должна обеспечивать:

1. Доведение скважины до проектной глубины
2. Вскрытие горизонтов, слоев (пластов) и методов их эксплуатации
3. Предотвращение осложнений в процессе бурения и условия, позволяющие полностью использовать потенциальные возможности техники и технологических процессов
4. Минимум затрат на строительство скважины.

В конструкции скважины используются следующие типы обсадных колонн:

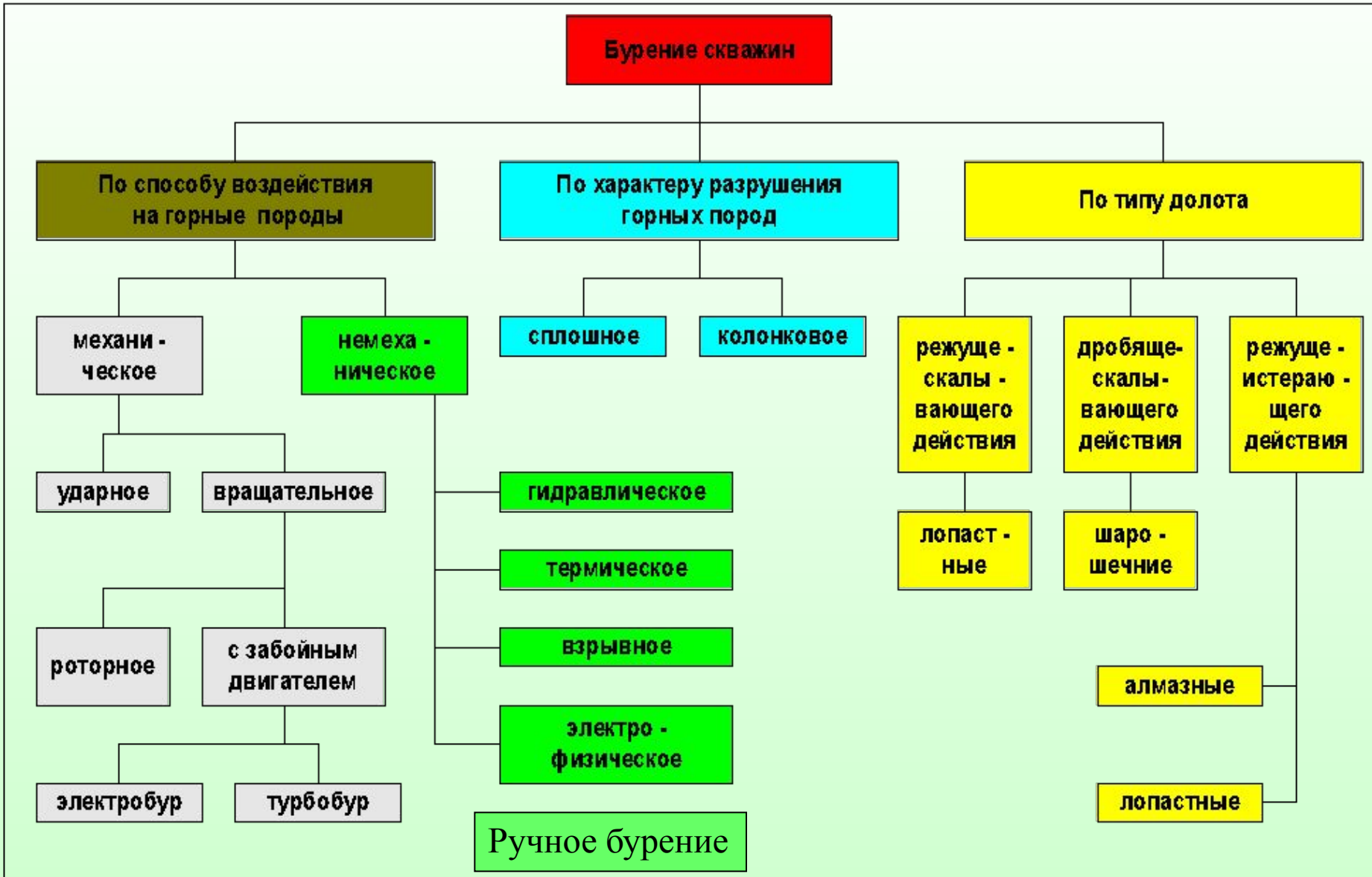
1) **направление** - для крепления верхнего интервала, сложенного неустойчивыми отложениями; предназначено для предотвращения размыва устья скважины;

2) **кондуктор** - для крепления верхних неустойчивых интервалов разреза, изоляции водоносных горизонтов от загрязнения, установки на устье противовыбросового оборудования, а также для подвески последующих обсадных колонн;

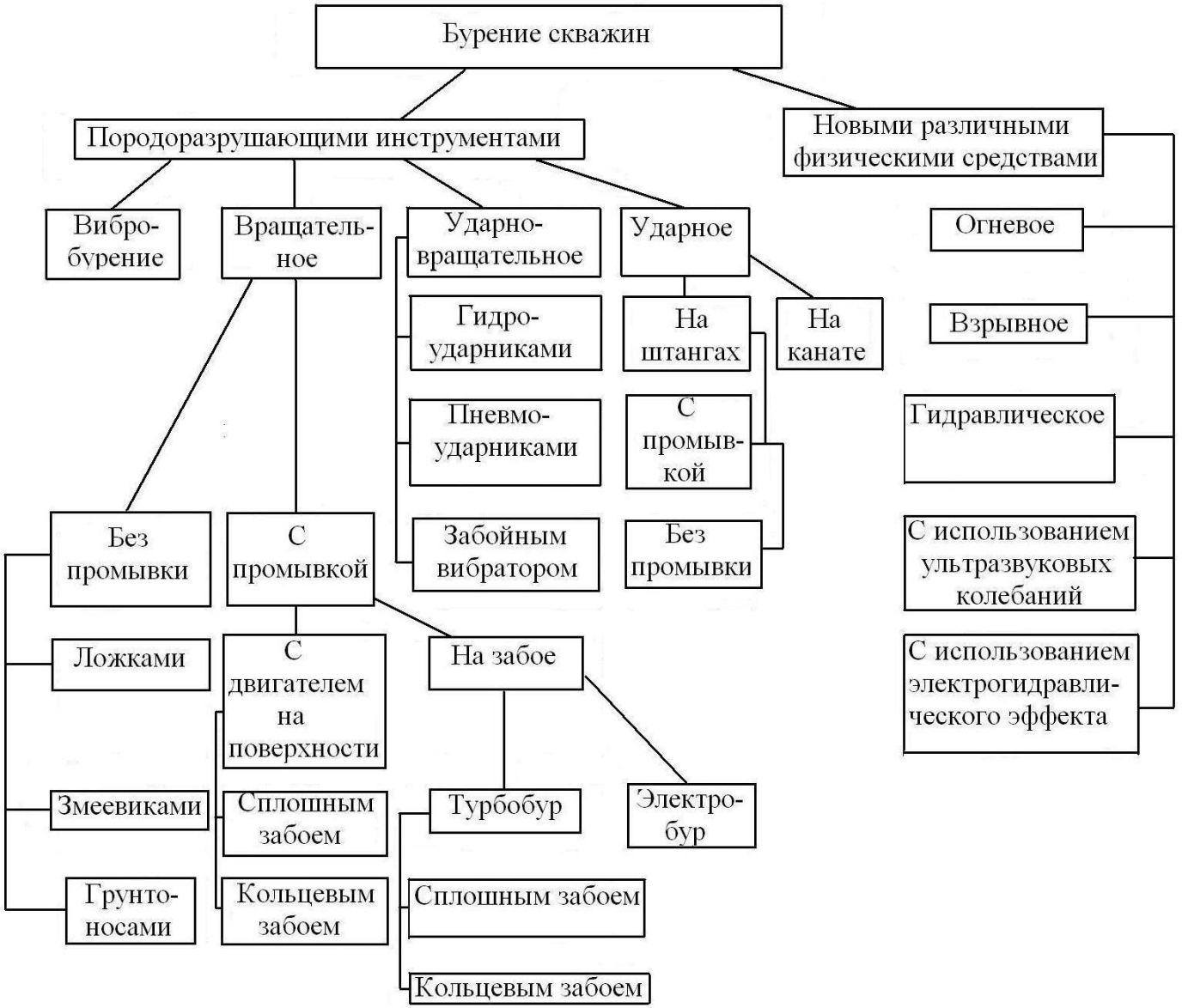
3) **промежуточная обсадная колонна (техническая колонна)** - для крепления и изоляции вышележащих зон геологического разреза, несовместимых по условиям бурения с нижележащими. Служит для предотвращения осложнений и аварий в скважине при бурении последующего интервала. В благоприятных условиях промежуточная колонна может быть использована в качестве эксплуатационной;

4) **эксплуатационная колонна** - для крепления и разобщения продуктивных горизонтов и изоляции их от других горизонтов геологического разреза скважины.

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ БУРЕНИЯ СКВАЖИН



Классификация способов бурения (Волкова)



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**.

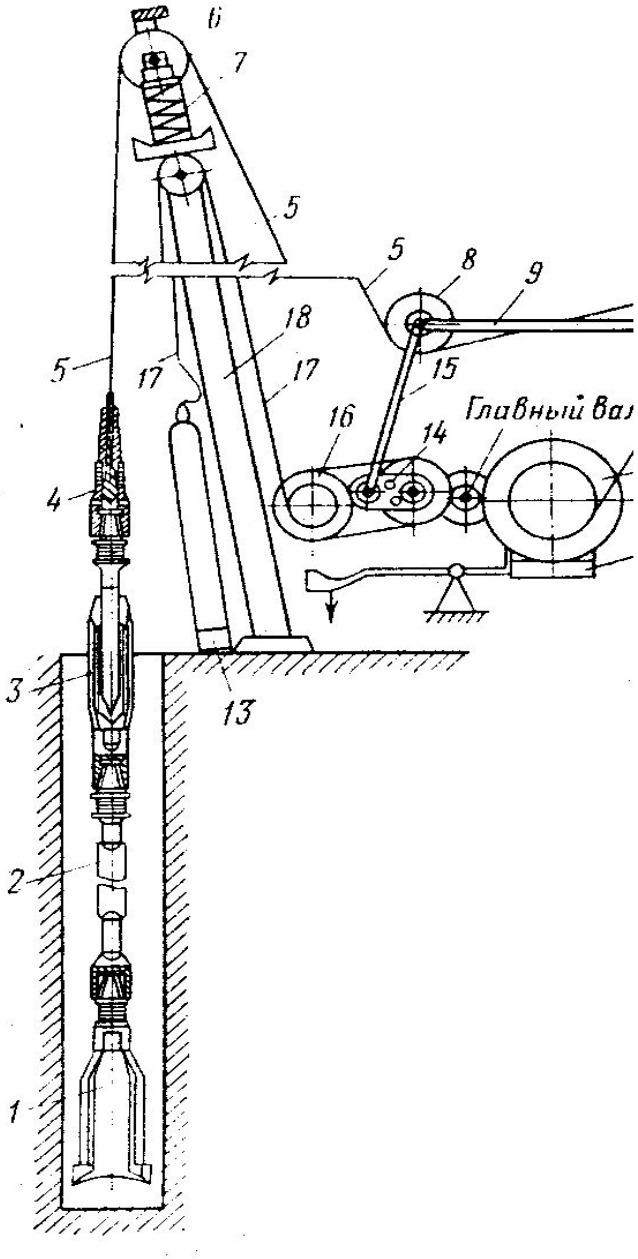
УДАРНОЕ БУРЕНИЕ СКВАЖИН

Разрушение пород происходит в результате удара. Из ударного способа бурения наиболее принято **ударно-канатное бурение для поисков и разведки рудных полезных ископаемых**

ВРАЩАТЕЛЬНОЕ БУРЕНИЕ СКВАЖИН

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.

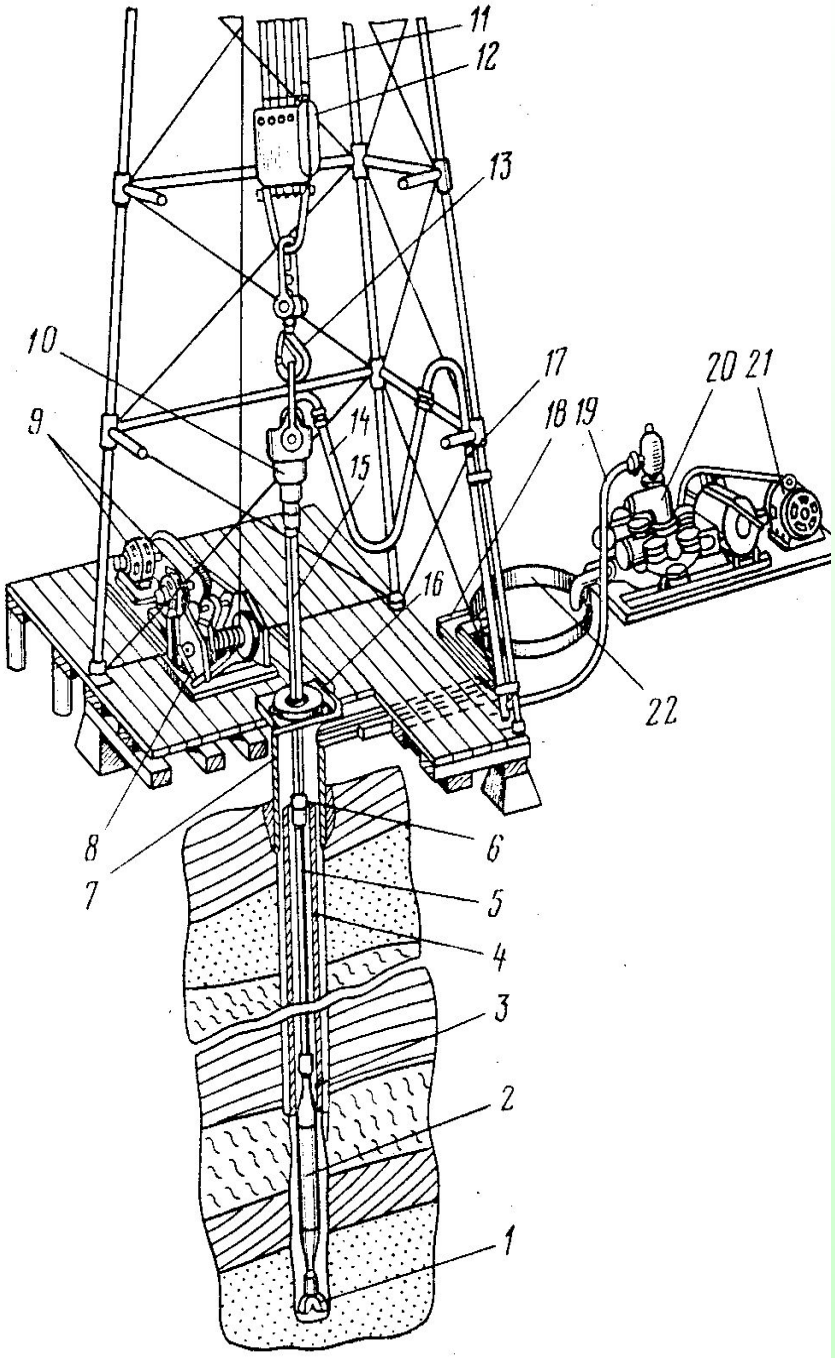
Существует две разновидности вращательного бурения – **роторный и с забойными двигателями**.



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. Скорость спуска бурового снаряда регулируют тормозом 12. Блок 6 установлен на вершине мачты 18. Для гашения вибраций, возникающих при бурении, применяются амортизаторы 7. Кривошип 14 при помощи шатуна 15 приводит в колебательное движение балансирную 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 при подъема бурового снаряда) и скручивания его при снятии нагрузки (во время удара долота о породу).

Процесс бурения будет тем эффективнее, чем меньшее 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 (приподъемом и опусканием) 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** 13 на канате 17, сматываемом с барабана 16. 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 роторном бурении мощность от двигателей 9 передается через лебедку 8 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. Следовательно, **при роторном бурении** углубление долота в породу происходит при движении вдоль оси скважины вращающейся бурильной колонны, а при бурении с забойным двигателем – невращающейся бурильной колонны.

При бурении с забойным двигателем долото 1 привинчено к валу, а бурильная колонна – к корпусу двигателя 2. При работе двигателя вращается его вал с долотом, а бурильная колонна воспринимает реактивный момент вращения корпуса двигателя, который гасится невращающимся ротором. 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.

БУРОВЫЕ УСТАНОВКИ И ИХ ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Буровая установка – это комплекс наземного оборудования, необходимый для выполнения операций по проводке скважин. Все буровые установки подразделены на 11 классов, для глубокого разведочного и эксплуатационного бурения. Класс буровой установки подбирается по условной глубине бурения скважин при массе 1 м бурильной колонны 30 кг.

Наибольшее распространение в кустовом бурении получила установка **БУ-3000ЭУК** (с электроприводом. Также применяются буровые установки:
Уралмаш-3Д-76, БУ 5000/320 ЭСК-БМЧ, БУ 3900/225 ЭЧК-БМ-3, ZJ-40(50), МБУ-125, УПА-100, АРБ-100, TD-125

Все оборудование буровой установки можно объединить в несколько основных блоков:

1 - **буровая вышка с талевой системой**, подъемной лебедкой, элементами управления и настилом для сборки, приемки, хранения бурильных и обсадных труб;

2 - **силовой блок**, состоящий из нескольких дизельных или электрических двигателей, предназначенный для привода ротора и подъемной лебедки, включающий систему трансмиссий, редукторов, карданов и шкивов;

3 - **насосный блок** для промывки ствола скважины, включающий один-два или три буровых насоса с электрическим или дизельным приводом.

4 - **циркуляционная система**, включающая несколько емкостей для хранения бурового раствора, перемешивателей с электроприводом, блок приготовления и регулирования свойств бурового раствора, блок очистки от выбуренной породы, желоба с задвижками для манипуляции с выходящим из скважины при бурении потоком жидкости.

САМОХОДНЫЕ ЛЕГКИЕ УСТАНОВКИ РАЗВЕДОЧНОГО БУРЕНИЯ

УРБ - 3 А 3

УРБ – 2А2

Малогабаритная самоходная установка

БУРОВАЯ УСТАНОВКА ГЛУБОКОГО БУРЕНИЯ

БУРОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Буровая вышка - это сооружение над скважиной для проведения СПО, размещения бурильных свечей, служит основой для размещения и монтажа бурового оборудования.

Мачтовые вышки применяются чаще, чем башенные. Они легче и быстрее устанавливаются, зато башенные вышки более грузоподъемные и более высокие.

Башенные чаще применяются на глубоких разведочных скважинах, а мачтовые – на эксплуатационном бурении.

Буровые вышки бывают различными по грузоподъемности и по высоте. Практикой установлено, что при бурении скважин до глубины 1200-1300м целесообразно применять вышки высотой 28м, скважин глубиной 133-3500м – высотой 41-42м, скважин глубиной свыше 3500м – высотой 53м и более.

В настоящее время широко применяются А-образные вышки мачтового типа

Буровая лебедка предназначена для спуска и подъема бурильной колонны, свинчивания и развинчивания труб, спуска обсадных колонн, удерживания на весу неподвижной колонны или медленного ее опускания (подачи) в процессе бурения.

Талевая (полиспастовая) система буровых установок предназначена для преобразования вращательного движения барабана лебедки в поступательное (вертикальное) перемещение крюка и уменьшения нагрузки на ветви каната.

Кронблок представляет собой раму, на которой смонтированы оси и опоры со шкивами. Иногда рама выполняется как одно целое с верхней частью вышки.

Талевый блок представляет собой сварной корпус, в котором помещаются шкивы и подшипниковые узлы. как и в кронблоках.

Талевые канаты представляют собой стальные круглые, шести рядные канаты тросовой конструкции крестовой свивки.

Буровые крюки предназначены для подвешивания на них в процессе бурения бурильного инструмента и элеваторов при спускоподъемных операциях.

Крюкоблоки (крюки, соединенные с талевым блоком) имеют ряд преимуществ: меньшую общую высоту, чем у талевого блока и крюка, вместе взятых, более компактную конструкцию. К недостаткам следует отнести большую их массу.

Крюки бывают грузоподъемностью 75, 130, 200,225т (соответственно допускающие кратковременную, максимальную грузоподъемность –110, 160, 250 и 300т).

Номинальная грузоподъемность крюкоблоков – 75, 125 и 200т (максимальная грузоподъемность – 100, 160 и 250т).

Штропы бурильные – это звенья, соединяющие крюк с элеватором, на котором подвешивается бурильный инструмент или колонна обсадных труб. Грузоподъемность штропов – 25,50,75,125,200 и 300т. Штропы грузоподъемностью 25, 50 и 75т предназначены для ремонта скважин, но могут быть использованы и для буровых установок соответствующей грузоподъемности

МЕХАНИЗМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

Элеватор, предназначен для захвата и удержания на весу колонны бурильных или обсадных труб при спускоподъемных операциях. Применяют элеваторы различных типов, отличающиеся размерами в зависимости от диаметра бурильных или обсадных труб, грузоподъемностью, конструктивным исполнением и материалом для их изготовления.

Клинья для бурильных труб используются для подвешивания бурового инструмента в столе ротора. Они вкладываются в конусное отверстие между трубой и вкладышами ротора. Применение клиньев ускоряет работы по спускоподъемным операциям. Клинья для обсадных труб применяют для спуска тяжелых обсадных колонн. Клинья устанавливают на специальных подкладках над устьем скважины. Пневматический роторный клиновой захват **(ПКР**), встроен в ротор и предназначен для подъема и опускания клиньев.

Буровые ключи