

Бурение

нефтяных и газовых скважин

1. Производственный процесс строительства скважин

Балаба Владимир Иванович
РГУ нефти и газа
им. И.М. Губкина



Литература

- Середина Н.Г., Соловьев Е.М. Бурение нефтяных и газовых скважин: Учебник для вузов. - 2-е изд. - М.: Недра, 1988. (или 1-е изд, 1974).
- Калинин А.Г., Левицкий А.З., Никитин Б.А. Технология бурения разведочных скважин на нефть и газ: Учебник для вузов. - М.: Недра, 1998.
- Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учебник для вузов. - М.: Недра, 2001.
- Попов А.Н., Спивак А.И. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учебник для вузов. - М.: Недра, 2003.
- РД 08-624-03. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. - М.: Госгортехнадзор России, 2003.

Балаба В.И.



1. Производственный процесс строительства скважин

1.1. Общие сведения о скважине

Скважина (well, hole) - 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.

Балаба В.И.



Общие сведения о скважине

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.

(преамбула Закона "О недрах")

Балаба В.И.



Скважина - горнотехническое сооружение (система)

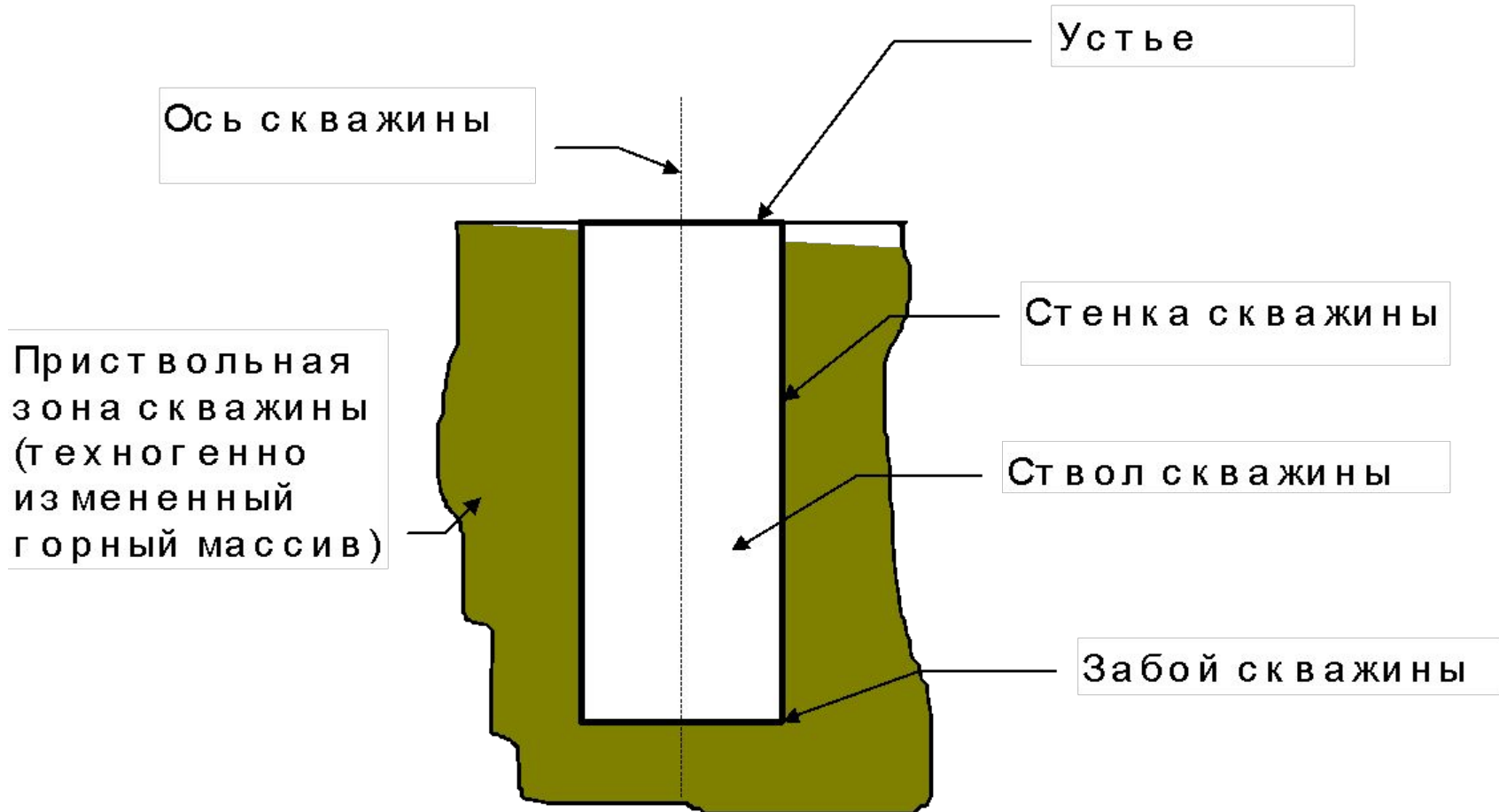
Горная подсистема - массив пород вокруг ствола скважины, свойства которого в результате бурения изменились по сравнению с исходными (техногенный массив).

Техническая подсистема - подземное и наземное оснащение скважины.

Балаба В.И.



Элементы горной подсистемы скважины



Балаба В.И.

Рис. 1.2. Элементы горной подсистемы скважины

Элементы горной подсистемы скважины

устье скважины (mouth) – место пересечения контура скважины с поверхностью, с которой началось ее бурение;

ось скважины (axis) – воображаемая линия, проходящая через условные центры поперечных сечений скважины.

В проектных документах ось скважины имитирует траекторию ее ствола. Ось скважины имеет сложную пространственную форму.

Балаба В.И.



Элементы горной подсистемы скважины

стенка скважины (wall) – боковая поверхность скважины по отношению к ее оси;

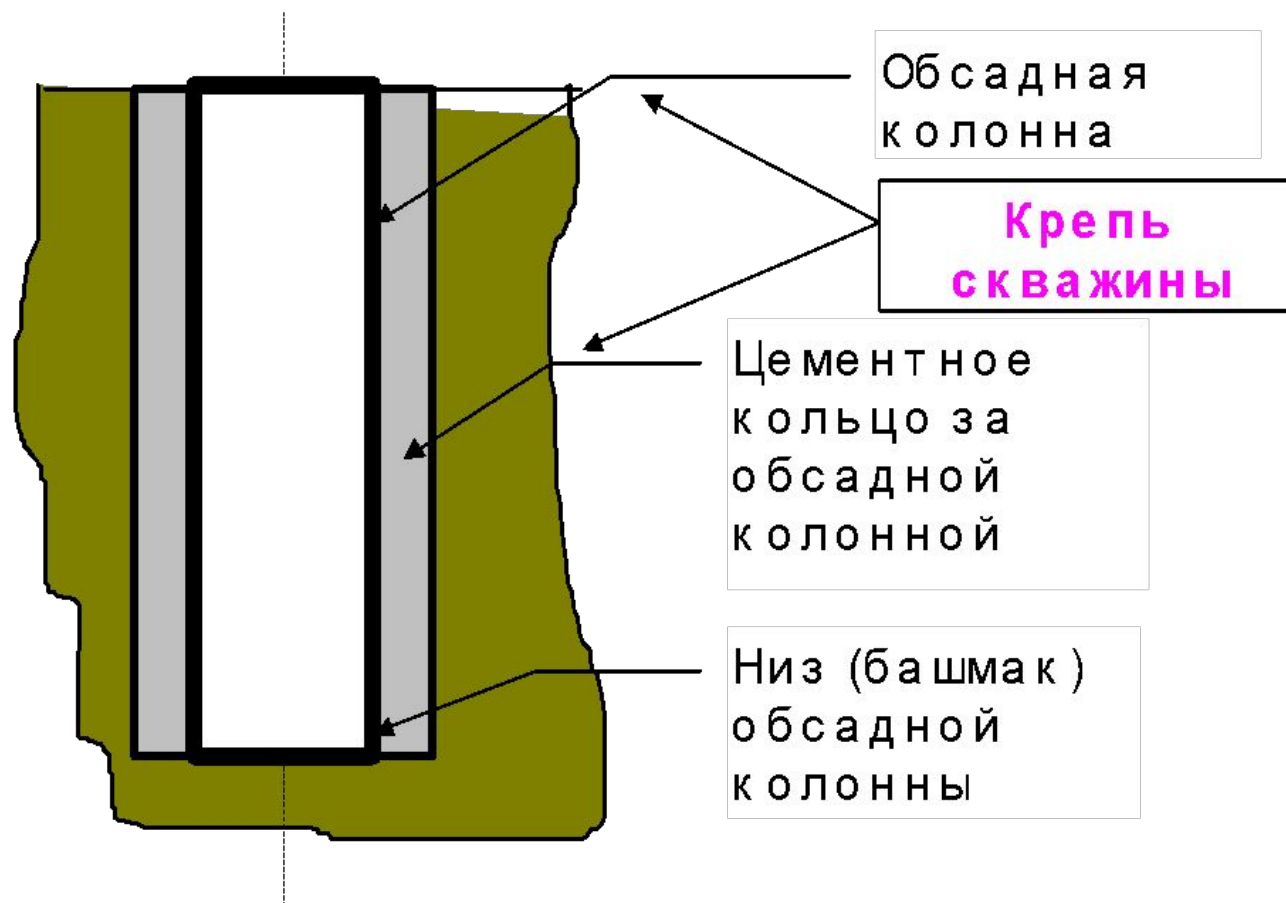
забой – поверхность, по которой происходит разрушение горной породы рабочим инструментом в процессе углубления скважины (дно скважины);

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

Балаба В.И.



Элементы технической подсистемы скважины



Балаба В.И.

Рис. 1.3. 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);

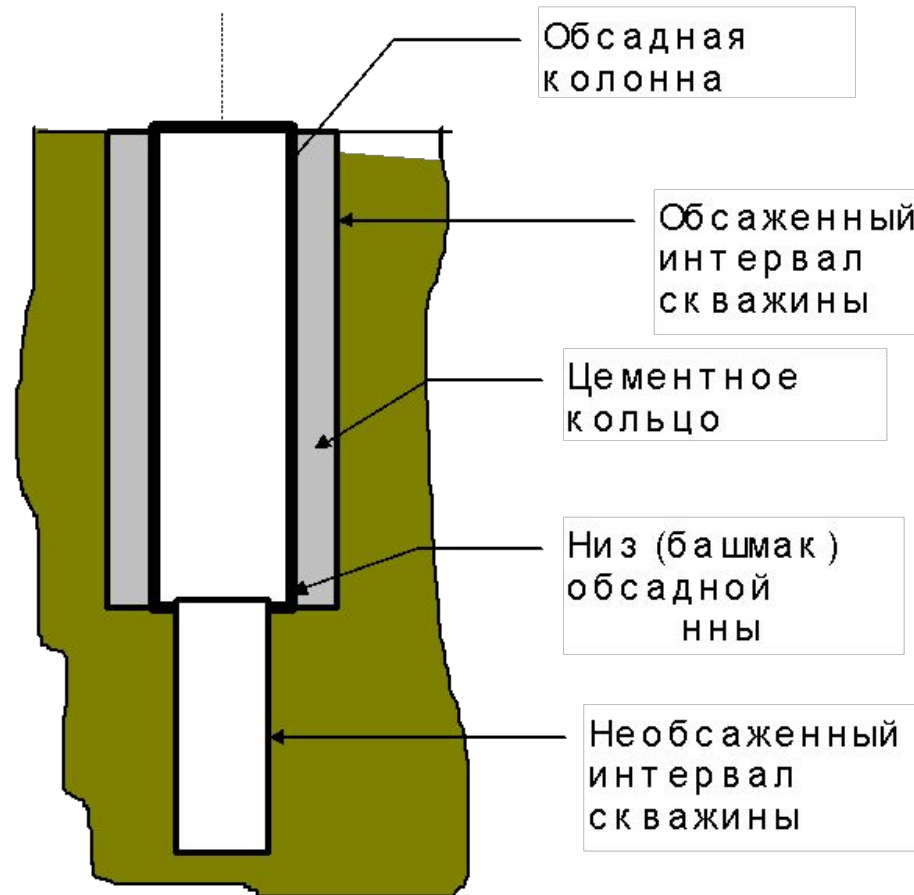
башмак - элемент низа ОК;

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

Балаба В.И.



Скважина - горнотехническое сооружение



Балаба В.И.

Рис. 1.4. Формирование горной и технической подсистем скважины

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;

Балаба В.И.



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.

Балаба В.И.



1.2. Конструкция скважины

В процессе бурения возникает необходимость закрепления стенок скважины в интервалах неустойчивых пород, предотвращения межпластовых перетоков флюидов и т.д.

Если углубление следующего участка ствола скважины без крепления предыдущего интервала обсадной колонной становится невозможным, то эти участки ствола скважины называют ***интервалами с несовместимыми условиями бурения.***



Конструкция скважины

Конструкция скважины - состав и взаимное расположение ее частей:

- глубина (протяженность) скважины;
- количество ОК, спускаемых в скважину, глубина их спуска, длина (протяженность), номинальный диаметр ОК и интервалы их цементирования;
- диаметр ствола скважины под каждую ОК.

Балаба В.И.



1.3. Классификация скважин

В соответствии с "Временной классификацией скважин, бурящихся при геологоразведочных работах и разработке нефтяных и газовых месторождений (залежей)", утвержденной приказом МПР России от 7 февраля 2001 года № 126, все скважины подразделяются *на следующие категории:*

***опорные,
параметрические,
структурные,
поисково-оценочные,
разведочные,
эксплуатационные,
специальные.***

Балаба В.И.



Классификация скважин по назначению

Опорные скважины бурят для изучения геологического строения крупных геоструктурных элементов земной коры, определения общих закономерностей распространения комплексов отложений, благоприятных для нефтегазонакопления, с целью выбора наиболее перспективных направлений геологоразведочных работ на нефть и газ.

Балаба В.И.



Классификация скважин по назначению

Параметрические скважины бурят для изучения геологического строения, геолого-геофизических характеристик разреза и оценки перспектив нефтегазоносности возможных зон нефтегазонакопления, выявления наиболее перспективных районов для поисковых работ.

Структурные скважины бурят в ряде районов для выявления и подготовки к поисковому бурению перспективных площадей.

Балаба В.И.



Классификация скважин по назначению

Поисково-оценочные скважины бурят на площадях, подготовленных к поисковым работам, с целью открытия новых месторождений нефти и газа или новых залежей на ранее открытых месторождениях и оценки их промышленной значимости.

Разведочные скважины бурят на площадях с установленной промышленной нефтегазоносностью для уточнения запасов и сбора исходных данных для составления технологической схемы разработки (проекта опытно-промышленной эксплуатации) залежи.



Классификация скважин по назначению

Эксплуатационные скважины бурят для разработки и эксплуатации залежей нефти и газа.

В эту категорию входят скважины:

опережающие эксплуатационные,

эксплуатационные,

нагнетательные,

наблюдательные (контрольные,

пьезометрические).

Балаба В.И.



Классификация скважин по назначению

Опережающие эксплуатационные скважины

бурят на разрабатываемую или подготовленную к опытной эксплуатации залежь нефти с целью уточнения параметров и режима работы пласта, выявления и уточнения границ обособленных продуктивных полей, а также оценки выработки отдельных участков залежи для дополнительного обоснования рациональной разработки и эксплуатации залежи.

Балаба В.И.



Классификация скважин по назначению

Эксплуатационные скважины бурят для извлечения нефти и газа из залежи.

Нагнетательные скважины бурят для проведения воздействия на эксплуатируемый пласт с помощью закачки воды, газа и других агентов.

Наблюдательные скважины бурят для осуществления систематического наблюдения за изменением давления, положения межфлюидных контактов и других параметров в процессе эксплуатации пласта.

Балаба В.И.



Классификация скважин по назначению

Специальные скважины бурят для:

- проведения специальных исследований;
- сброса промышленных вод;
- ликвидации открытых фонтанов нефти и газа;
- подготовки подземных хранилищ углеводородов и закачки в них газа и жидких углеводородов (номенклатуру скважин определяют в соответствии с действующими нормативными документами);
- строительства установок для захоронения промышленных стоков (нагнетательные, контрольные, наблюдательные);
- разведки и добычи технических вод.

Балаба В.И.



Классификация скважин по форме оси

По форме оси скважины подразделяются на **вертикальные, наклонно направленные и горизонтальные.**

Вертикальной называют скважину, отклонение оси которой от вертикали, проходящей через ее устье, находится в допустимых пределах.

Балаба В.И.



Классификация скважин по форме оси

Наклонно направленная - скважина, которая целенаправленно бурится по заданной траектории с отклонением забоя от вертикали, проходящей через устье скважины.

Горизонтальная - наклонно направленная скважина, конечный интервал которой проходит по простиранию полого падающего или горизонтального пласта или с незначительным отклонением от горизонтали.

Балаба В.И.



Классификация скважин по глубине

Международной программой континентального научного бурения предложена классификация, **относящая к сверхглубоким скважины глубиной более 8 км.**

В мире насчитывается только 7 таких скважин:

Россия (СССР) - Кольская СГ-3 (12262 м),

Азербайджан - Саатлинская (м);

США - Берта-Роджерс (9590 м), Баден-1 и Университи;

Австрия - Цистендорф, Германия - Мирроу.

Скважин глубиной более 6 км пробурено свыше 1,5 тыс.



1.4. Производственный цикл строительства скважины

Процесс производственный - процесс производства продукта труда с начала выполнения работ до выдачи готовой продукции

Процесс технологический - часть производственного процесса, содержащая однородное действие по изменению состояния предмета производства

Технология - совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, осуществляемых в процессе производства продукции

Балаба В.И.



Производственный цикл строительства скважины

Операция технологическая - часть технологического процесса, представляющая собой совокупность рабочих действий (приемов)

Характеризуется однородностью технологического содержания, единством (неизменностью) предмета труда, оборудования и рабочих приспособлений

Весь комплекс работ, связанных со строительством скважины, образует **"цикл строительства скважины"**

Балаба В.И.



Структура производственного цикла строительства скважины

Этап строительства скважины	Технологический процесс
<p>1. Строительно-подготовительные работы к бурению скважины</p>	<p>1.1. Землеустроительные работы</p> <p>1.2. Сооружение оснований и фундаментов, монтаж буровой установки</p> <p>1.3. Строительство вспомогательных сооружений и монтаж инженерных коммуникаций</p> <p>1.4. Подготовительные работы к бурению скважины</p>
<p>2. Бурение скважины</p>	<p>2.1. Углубление скважины</p> <p>2.2. Промывка скважины</p> <p>2.3. Вешение скважины обсадной колонной</p> <p>2.4. Цементирование скважины (разобщение пластов)</p>
<p>3. Заканчивание скважины</p>	<p>3.1. Первичное вскрытие продуктивного пласта</p> <p>3.2. Оборудование скважины</p> <p>3.3. Вторичное вскрытие продуктивного пласта</p> <p>3.4. Испытание и освоение скважины</p> <p>3.5. Специальные работы в скважине</p>
<p>4. Забойные работы при бурении и заканчивании скважины</p>	<p>4.1. Монтаж буровой установки, вспомогательных сооружений и инженерных коммуникаций</p> <p>4.2. Утилизация и захоронение производственных отходов, рекультивация земель и др.</p>



1.5. Строительно-монтажные и подготовительные работы к бурению скважины

1.5.1. Землеустроительные работы

Горный отвод - статус участка недр (геометризированный блок недр), предоставленного пользователю в соответствии с лицензией на пользование недрами для добычи полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных сооружений ...

Балаба В.И.



1.5.1. Землеустроительные работы

Земельный отвод - участок земли, предоставляемый для размещения зданий, сооружений, объектов транспорта, связи и т.п., организации работ и услуг.

Размеры и площадь земельного отвода, как правило, не совпадают с границами горного отвода.



1.5.1. Землеустроительные работы

Землеотвод выделяется во **временное краткосрочное** (на период строительства скважины) и **временное долгосрочное** (на период эксплуатации скважины) пользование.

Норма землеотвода зависит от **назначения** скважины (разведочная или эксплуатационная), **грузоподъемности** (75-80 тс, 125-200 тс, более 200 тс) буровой установки и **типа** ее **привода** (дизельный или электрический), **высоты вышки** (41 или 53 м).

Батаба В.И.



Нормы отвода земель для нефтяных и газовых скважин СН 459-74

Условия землеотвода	Площадь землеотвода, га	
	ВКП	ВДП
<i>Эксплуатационные скважины</i>		
5. о дом:	■	■
а) установками грузоподъемностью от 125 до 200 тс с вышкой высотой 53 м	2,10	0,36
б) то же, с вышкой высотой 41 м	1,90	0,36
в) установками грузоподъемностью от 75 до 80 тс	1,70	0,36
6. При бурении буровыми установками с электрическим приводом:		
а) установками грузоподъемностью от 125 до 200 тс с вышкой высотой 53 м	2,00	0,36
б) то же, с вышкой высотой 41 м	1,80	0,36
в) установками грузоподъемностью от 75 до 80 тс	1,60	0,36
7. При бурении скважин на газовой и газоконденсатных месторождениях	3,50	0,36
8. При бурении скважин на газовой и газоконденсатных месторождениях		
а) установками грузоподъемностью от 125 до 200 тс с вышкой высотой 53 м	0,20	0,10
б) то же, с вышкой высотой 41 м		
в) установками грузоподъемностью от 75 до 80 тс		

Примечания:

1. При бурении скважин глубиной более 4000 м или буровыми установками грузоподъемностью более 200 тс с вышкой высотой более 53 м при увеличении размеров земельных участков, приведенных в поз. 1, 2 и 3 таблицы, должна быть обоснована.
2. Размеры земельных участков для нефтяных и газовых разведочных скважин, передаваемых в постоянное пользование (на период эксплуатации) соответствующих эксплуатационных скважин, приведенных в поз. 5, 6, и 7 таблицы.

Балаба В.И.



Инженерное обустройство земельного участка

Инженерное обустройство земельного участка заключается в его подготовке к сооружению оснований и фундаментов, монтажу БУ, вспомогательных сооружений, инженерных коммуникаций, а также выполнению природоохранных мероприятий.

Балаба В.И.



1.5.4. Подготовительные работы к бурению скважины

- **опробование смонтированного оборудования;**
- **доставка инструмента и материалов;**
- **подготовка бурового инструмента к работе;**
- **приготовление или доставка промывочной жидкости;**
- **оснастка талевой системы;**
- **проверка работоспособности КИП;**
- **строительство шахтового направления.**

По окончании этих работ составляется Акт приемки буровой Госгортехнадзором и проводится пусковая конференция.

Балаба В.И.



1.6. Бурение скважины

Бурение - процесс создания и крепления ствола скважины.

Создают ствол скважины путем разрушения горных пород и удаления обломков пород (выбуренной породы) из скважины (**углубление**).

Пробуренные интервалы ствола скважины закрепляют с целью предотвращения разрушения и разобщения пластов путем спуска и цементирования обсадных колонн (**крепление и цементирование**).

Балаба В.И.



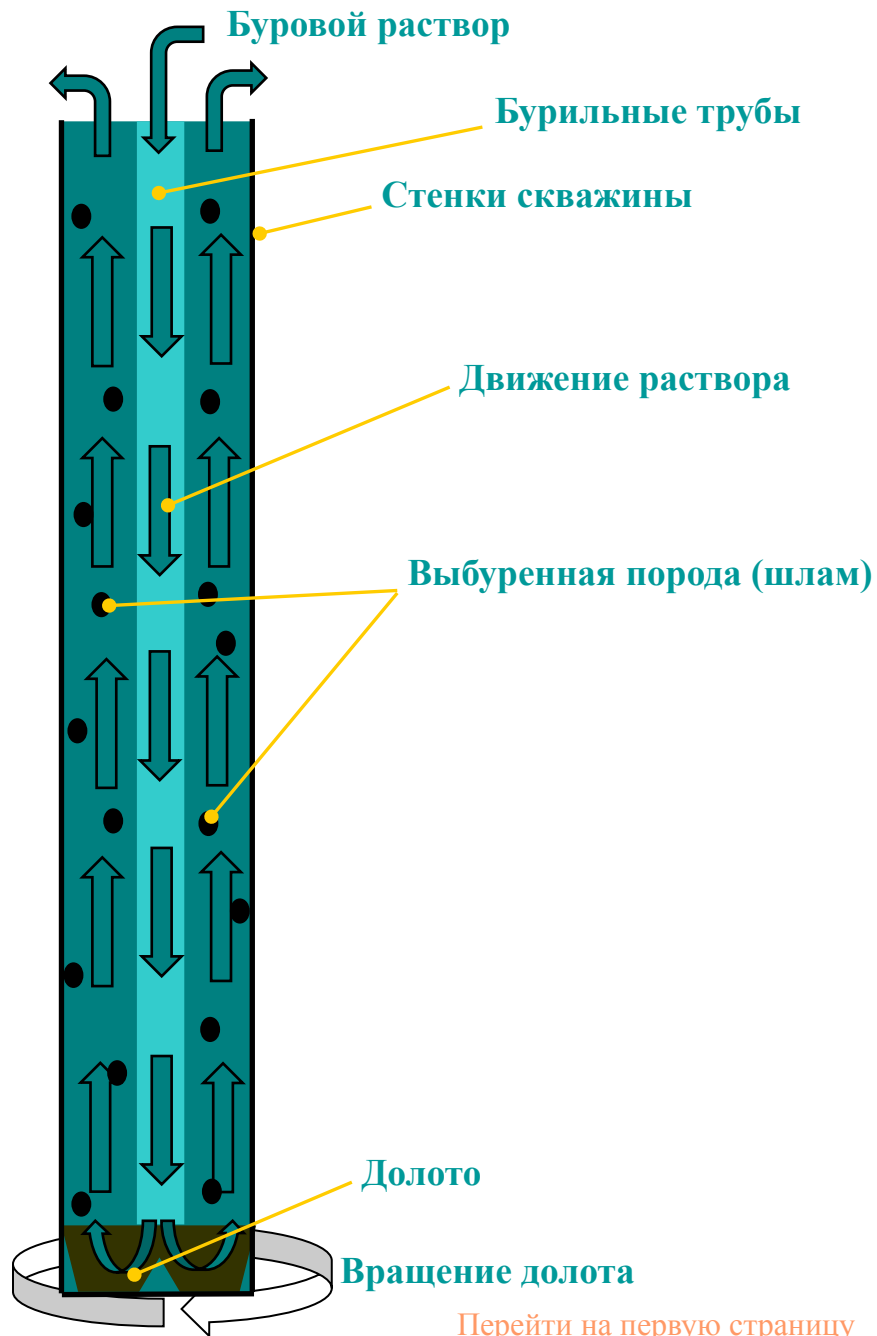
1.6.1. Способы бурения скважин

Способ бурения характеризуется спецификой процесса разрушения горной породы и подвода энергии к породоразрушающему инструменту.

Принцип РГП		
Механическое ение	Физическое ение	Химическое
разруш ↓	разруш	разрушение
Движение породоразрушающего инструмента		
Возвратно- поступательное	Вращательное	



Принципиальная схема вращательного бурения



Балаба В.И.



Классификация способов вращательного бурения



Балаба В.И.



1.6.2. Углубление скважины

Углубление (проходка ствола) скважины ствола скважины осуществляется путем реализации двух технологических процессов:

- **основного** - разрушение горной породы (РГП) на забое скважины;
- **вспомогательного** - удаление обломков породы с забоя и из скважины.

Разрушение горной породы на забое скважины осуществляется **породоразрушающим**

инструментом - долотом.



Углубление скважины

Забуривание скважины начинают ведущей трубой, к нижнему концу которой присоединено **долото**.

Ведущая труба имеет четырехгранное поперечное сечение для облегчения передачи ей вращающего момента от **ротора**.

Балаба В.И.

Ведущая труба

Талевый блок

Крюк

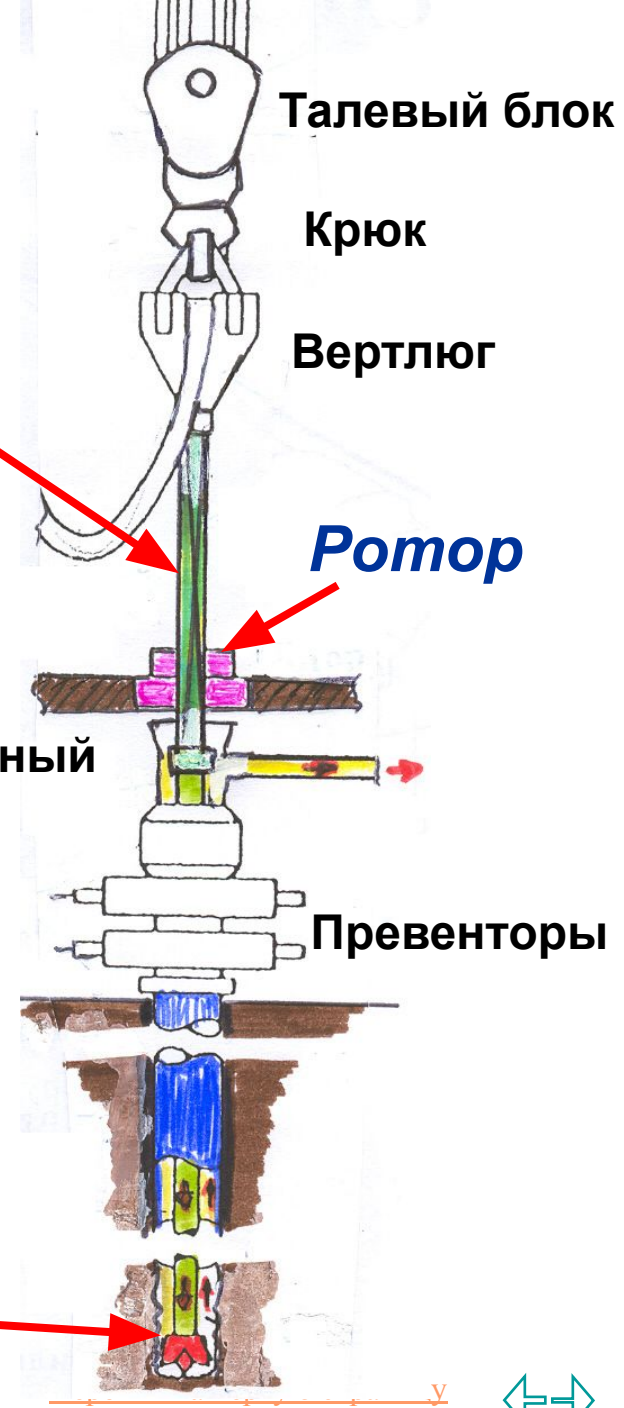
Вертлюг

Ротор

Разъемный желоб

Превенторы

Долото



Углубление скважины

По мере углубления скважины ведущая труба опускается вниз. При заглублении ведущей трубы на всю длину осуществляют **наращивание**, то есть *присоединение бурильной трубы*:

- *первый раз между ведущей трубой и долотом,*
- *каждый последующий раз - между ведущей трубой и предыдущей бурильной трубой.*

Нарращивание осуществляют всякий раз, когда верх ведущей трубы спускается до уровня ротора.

Полученная таким образом непрерывная система бурильных труб называется **бурильной колонной** (**бурильный инструмент**).

Балбаев В.И.



Углубление скважины

Углубление скважины осуществляется до износа долота (об этом судят по падению механической скорости бурения). Для замены долота бурильную колонну извлекают из скважины (поднимают бурильную колонну), заменяют износившееся долото новым и спускают его в скважину.

Для сокращения продолжительности **спускоподъемных операций** (СПО) бурильную колонну поднимают и опускают в скважину не отдельными бурильными трубами, а свечами.

Свеча - неразборный комплект из двух-четырех бурильных труб.

Балаба В.и.



1.6.4. Крепление скважины обсадной колонной

Заключается в спуске обсадной колонны.

Включает технологические операции:

- *подготовка ствола, обсадных труб и оборудования к спуску ОК,*
- *спуск ОК.*

Балаба В.И.



1.6.5. Цементирование скважины (разобшение пластов)

Включает технологические операции:

- **цементирование ОК,**
- **проверка качества цементирования и герметичности ОК.**

Балаба В.И.



1.7. Заканчивание скважины

Заканчивание скважины включает следующие основные виды работ:

- **первичное вскрытие продуктивного пласта,**
- **конструктивное оформление ствола скважины в интервале продуктивного пласта и изоляция его от соседних интервалов с водоносными и проницаемыми пластами;**
- **вторичное вскрытие продуктивного пласта (создание гидродинамической связи продуктивного пласта со скважиной);**
- **исследование продуктивных пластов, освоение продуктивных пластов с промышленными запасами, специальные работы в скважине.**

Балаба В.И.



1.8. Заключительные работы по окончании бурения и заканчивания скважины

1.8.1. Демонтаж буровой установки, вспомогательных сооружений и инженерных коммуникаций

Демонтаж бурового оборудования, вышки и привышечных сооружений и подготовка их к транспортированию на новую точку.

Отправка демонтированного оборудования и имущества на новую точку.

Балаба В.И.



1.8.2. Утилизация и захоронение производственных отходов, рекультивация земельного участка

Параллельно с демонтажем БУ проводят очистку территории от металлолома и строительного мусора, выполняют **работы по охране окружающей среды - утилизацию и захоронение производственных отходов, рекультивацию земельного участка** (восстановление нарушенного слоя почвы).

Скважину по акту передают на баланс заказчика (недропользователя), который несет ответственность за ее техническое состояние, в том числе после ликвидации скважины.

