

ВСКРЫТИЕ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ

Лекция № 11

Составитель: асс. Данильева Н.А.

Общие понятия и определения

- Взрывной процесс – быстрое физическое или химическое превращение, сопровождающееся переходом потенциальной энергии в механическую.
- Ударная волна – область сжатия, распространяющаяся в среде со сверхзвуковой скоростью с резким скачком давления, плотности и температуры.
- ВВ – взрывчатое вещество.
- ПД – продукт детонации.
- Порог термостойкости – максимальная t , которую может выдержать снаряд ВВ в определенных условиях.

Характеристики взрыва:

1. Экзотермичность – выделение тепла, обеспечивающее самораспространение процесса, разогрев газообразных продуктов и их расширение. (чем больше теплота и выше скорость распространения, тем больше разрушительное действие) Среднее значение теплоты для применяемых ВВ – от 3,7 до 7,5 МДж/кг.
2. Высокая скорость – переход к конечному продукту взрыва происходит за сотысячные или миллионные доли сек Средняя скорость детонации – от 1,5 до 9,0 км/с.
3. Газообразование – расширение продуктов детонации, находящихся в момент взрыва в сжатом состоянии, с переходом потенциальной энергии в кинетическую и механическую работу. Объем ПД – от 600 до 800 л на 1 кг ВВ. Максимальное давление – $n \cdot 10$ Гпа.

Классификация взрывных процессов:

1. Медленное термическое разложение – все разлагающееся вещество находится при одинаковой температуре. Скорость реакции зависит от внешней температуры.
2. Горение – химическое превращение, протекающее со скоростью от см/с до $n \cdot 10-100$ м/с. Скорость реакции зависит от внешнего давления (чем больше давление, тем быстрее реакция).
3. Взрыв – процесс, характеризующийся резким скачком давления, вызывает дробление и сильные деформации на небольших расстояниях.
4. Детонация – стационарная форма взрыва со скоростью до 9 км/с, при которой достигается максимальное разрушение.

Классификация прострелочно-взрывных работ:

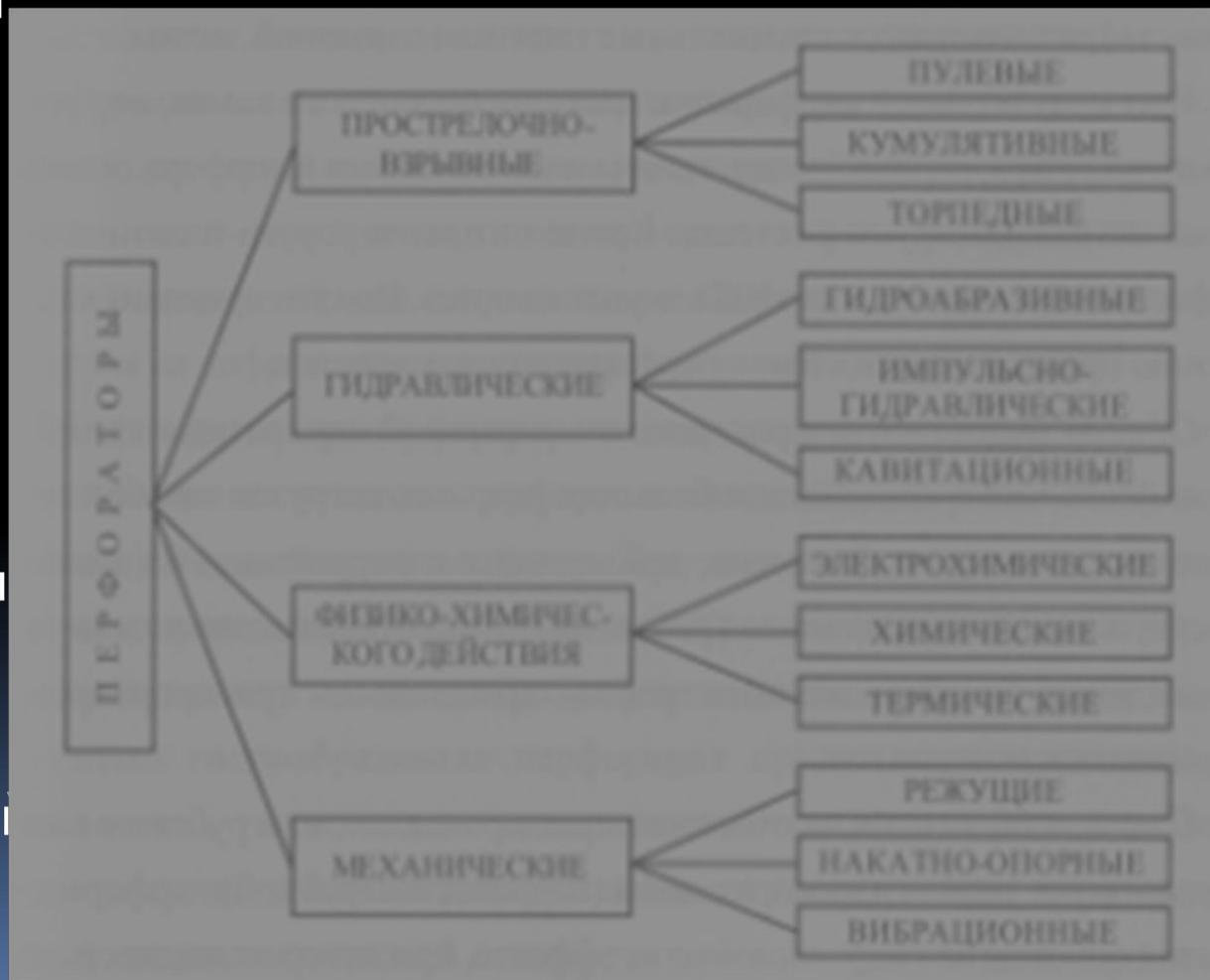
- Перфорация стенок скважины стреляющими аппаратами – кумулятивными, пулевыми и снарядными перфораторами;
- Разрыв пластов с помощью пороховых генераторов давления и торпедирование скважин;
- Отбор образцов боковыми стреляющими грунтоносами;
- Отбор проб жидкостей и газов опробывателями пластов с перфорацией канала для вызова притока;
- Торпедирование бурильного и эксплуатационного инструмента;
- Перфорация колонн бурильных и НК труб;
- Установка мостов для разделительного тампонажа с помощью взрывных пакеров.

Вторичное вскрытие пластов

Цель вскрытия –
установление
надежного канала
связи между
обсаженной
скважиной и
продуктивными
пластами.

Наиболее
распространенная
– кумулятивная
90% от всего
объема вскрытия
пластов с забойной
температурой до 270 град, и Р
до 150 МПа.

Классификация перфораторов



Пулевая перфорация

Один из первых методов вторичного вскрытия пласта, запатентованный в США в 1926 г.

Пулевые перфораторы

С горизонтальным стволом

Выстреливание пуль

селективное

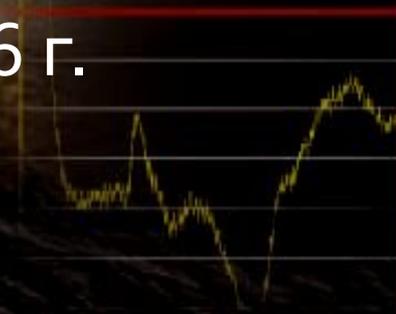
полуселективное

залповое

С вертикальным стволом

С вертикально-криволинейным стволом

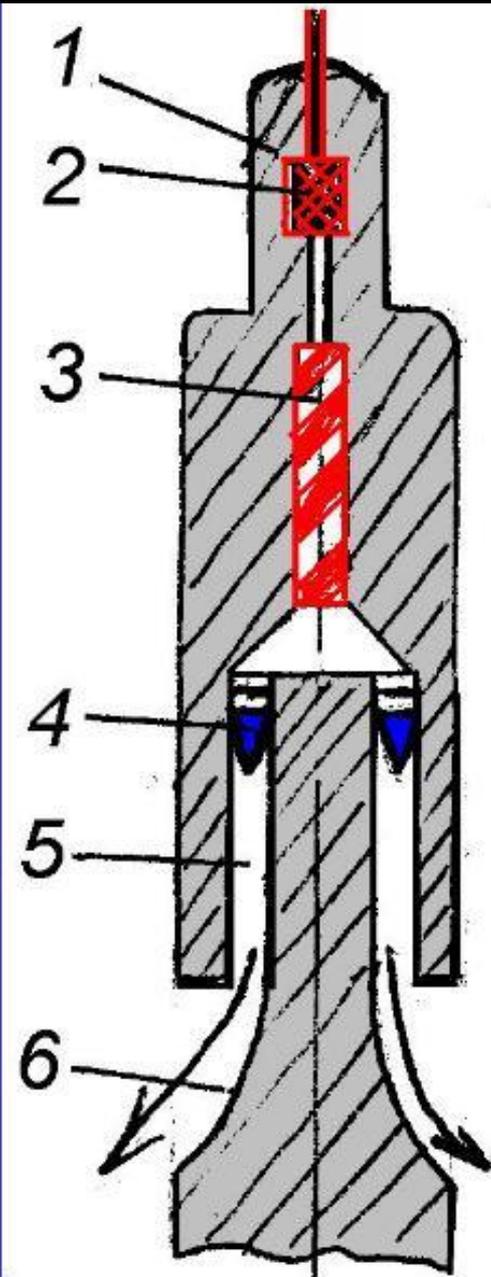
Пуля массой 100 гр выстреливает со скоростью 600-900 м/с



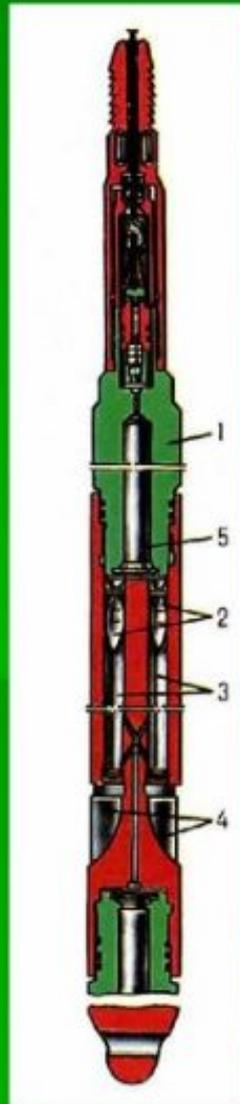
Пулевые перфораторы с вертикально- криволинейными стволами

1-корпус;
2-воспламенитель;
3-основной заряд; 4-пуля;
5-ствол; 6-открытый
криволинейный паз

Специальные работы в скважинах



Пулевая перфорация



- Пулевые перфораторы представляют собой короткоствольные орудийные системы, в которых пули разгоняются по стволу за счет энергии расширяющихся пороховых газов и, приобретая достаточную кинетическую энергию на выходе из ствола, пробивают преграду.
- Глубина пробивания (в зависимости от типа) от 140 до 200 мм
- За один спуск вскрывают до 2-3 м пласта с плотностью 5 отверстий на метр
- Применяются в пластах сложенных слабосцементированными непрочными породами, хрупкими
- Скорость пули - 900 – 1000 м/с

1 - корпус; 2 - пуля; 3 - канал перфоратора; 4 - отклоняющий участок;
5 - пороховой заряд.

Применение пулевой перфорации

- При вскрытии в скважинах 1-, 2-, 3-колонной конструкции высокопроницаемых коллекторов, сложенных рыхлыми песчаниками;
- Для создания в плотных породах сети микротрещин после предварительного вскрытия пласта кумулятивными перфораторами;
- Для установки в пластах радиоактивных пуль с целью контроля за обводнением пласта;
- При глубокой закольматированности стенок скважины при массивном цементном кольце перед гидроразрывом или кислотной обработкой.

Достоинства и недостатки:

- Большая длина приствольных каналов – ограничение плотности перфорации от 2-4 отв/м за 1 спуск;
- Невысокая степень засорения скважины;
- Большая величина трещин вокруг канала в высокопрочной среде;
- Образование трещин в крепком цементном кольце;
- Большая величина заусенцев на внутренней пов-ти колонны;
- Рикошетирование пуль при угле встречи с породой 60-65 град;
- Сложность заряжания и неудобство обслуживания.

Торпедная перфорация

- Применяется при эксплуатации пласта открытым стволом;
- Если другие методы перфорирования оказались неэффективными;
- При невозможности спустить в колонну другой тип перфоратора.

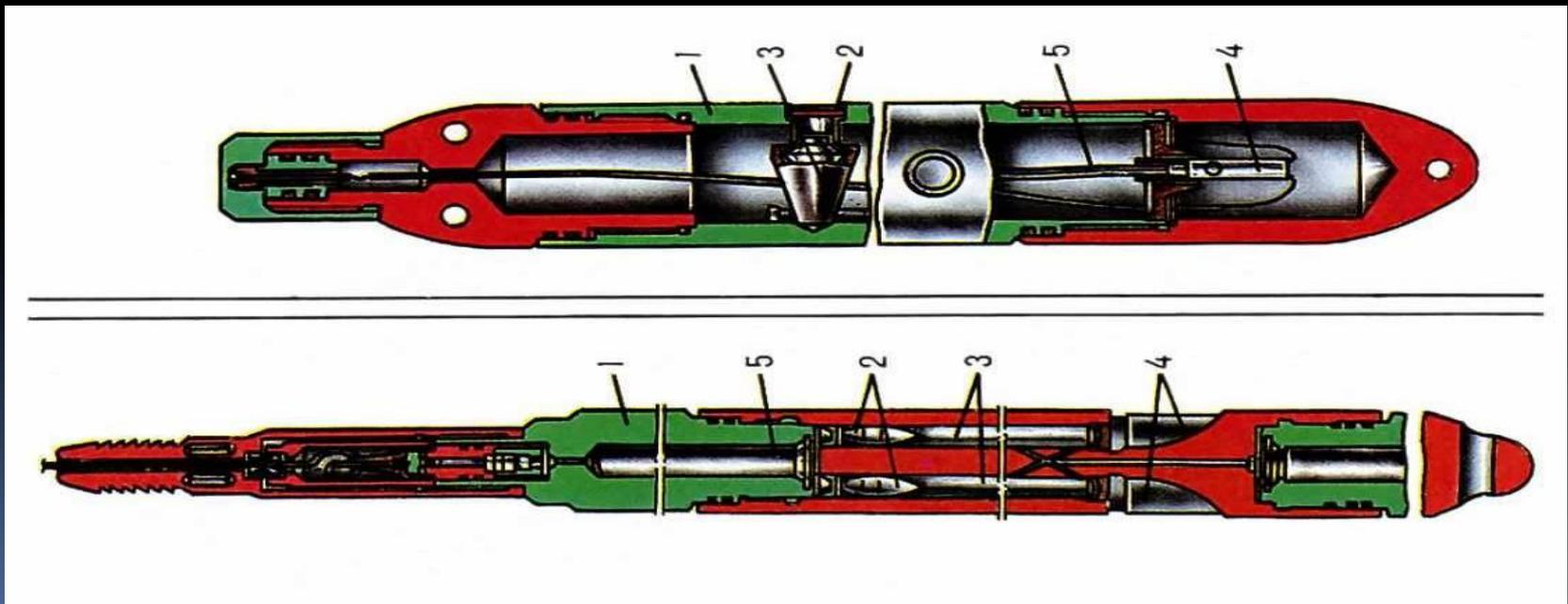
Выбор заряда для вскрытия пласта торпедированием

Затрубная среда	Отношение диаметра заряда к выбранному диаметру трубы	Результат действия взрыва на трубу, цементное кольцо и породу
Вода	0,08–0,14	Разрушение трубы с вырыванием отдельных кусков металла
Цементное кольцо и порода средней прочности	0,2	Небольшое раздутие трубы и первые вертикальные трещины в трубе, цементном кольце и породе
То же	0,3–0,35	Раздутие трубы, сетка трещин в трубе, цементном кольце и породе.
То же	> 0,4	Радиус и число трещин в породе увеличиваются. Раздутие трубы и сетка трещин в металле и породе продолжают увеличиваться. Куски металла вырываются из трубы

Масса заряда ВВ: гексоген – до 5 кг; тротил – 7 кг.

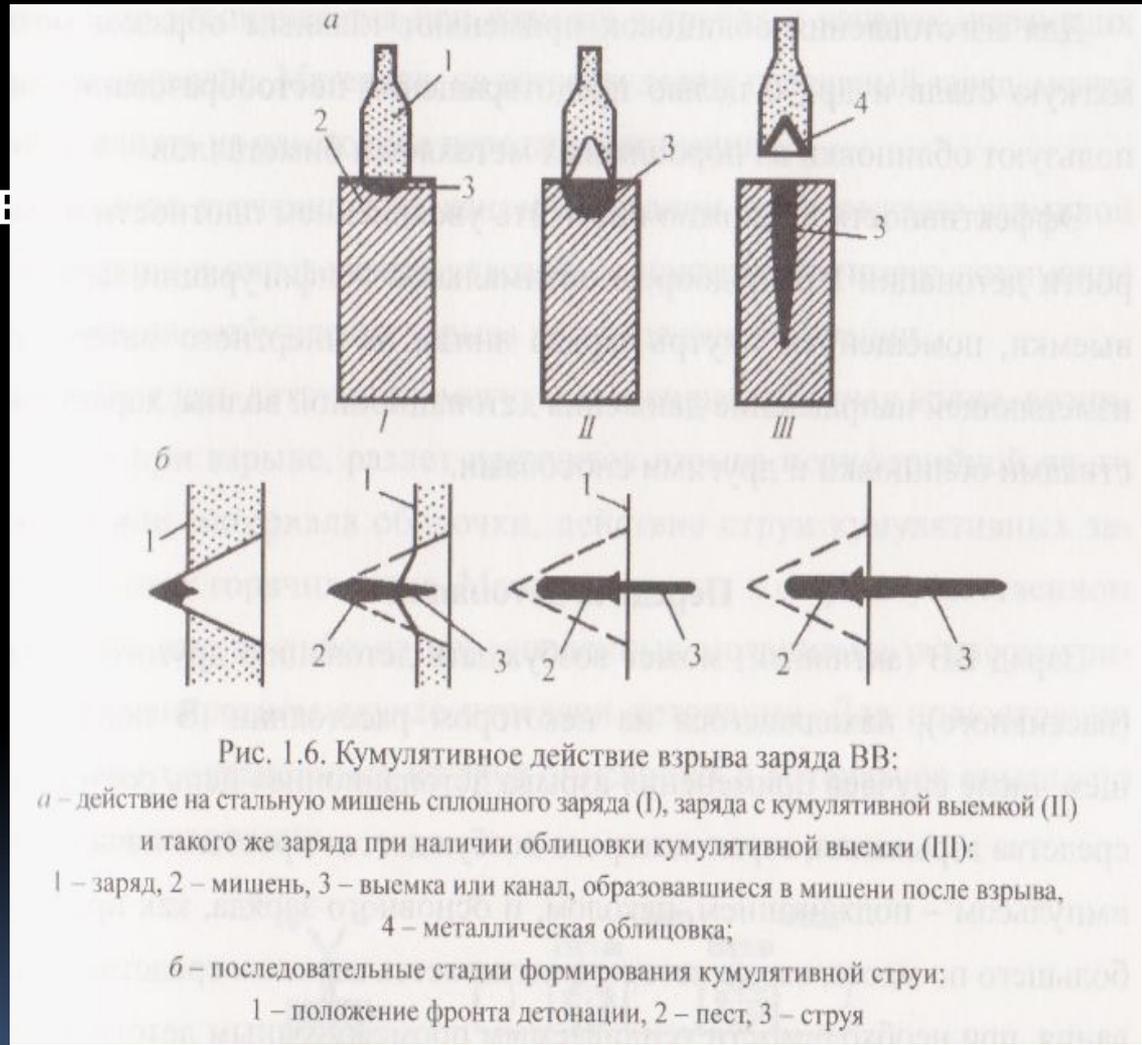
Достоинства и недостатки:

- Большое разрушение стенок колонны и цемента.
- Преимущественно для открытого ствола.



Кумулятивная перфорация

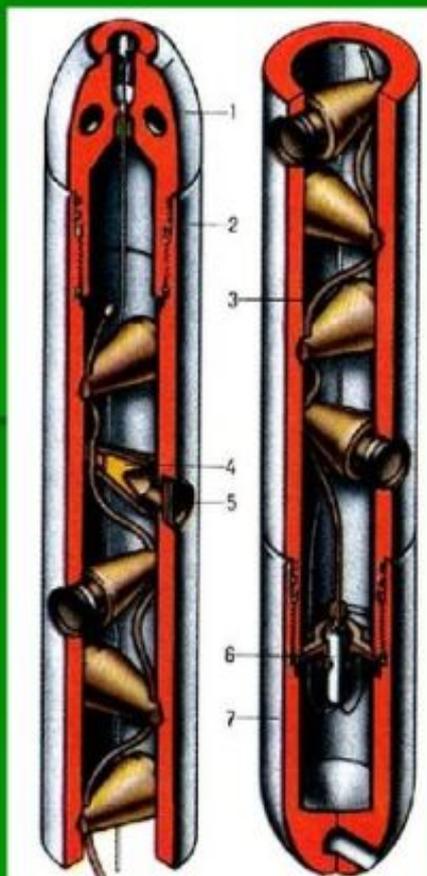
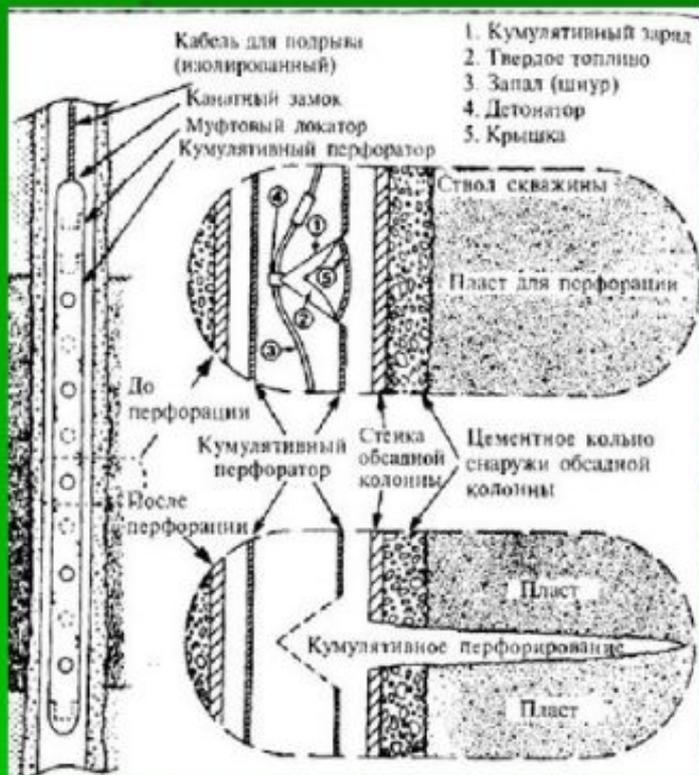
- Кумулятивное действие заряда ВВ – повышение действия взрыва в определенном направлении. Эффект достигается при наличии в заряде выемки разной формы (коническая, сферическая, параболическая, ступенчатая и др.)



Кумулятивная перфорация

Кумулятивный перфоратор - устройство для перфорационных работ в скважине, действие которого основано на кумулятивном эффекте.

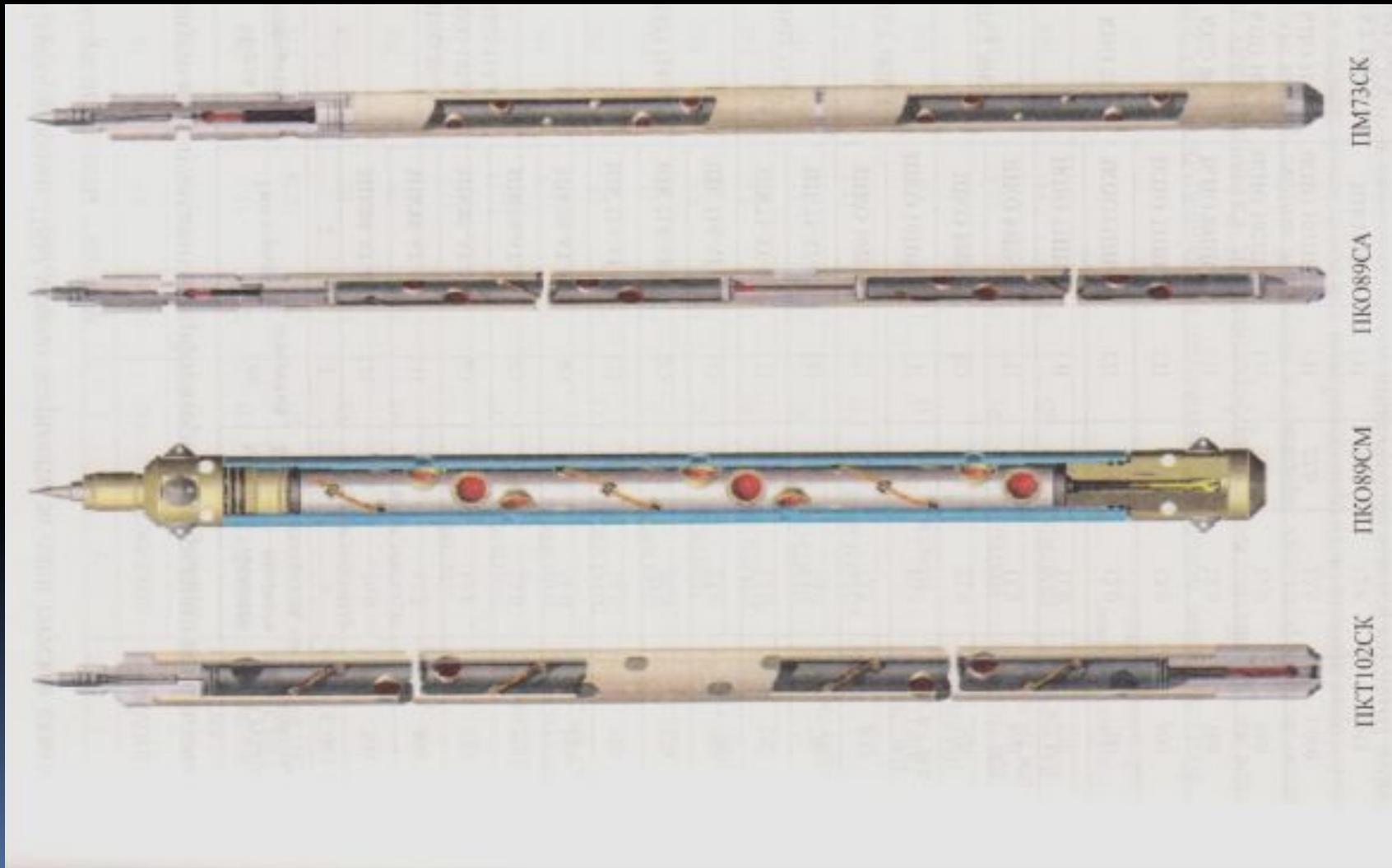
- Сущность кумулятивного эффекта заключается в том, что при взрыве заряда, обладающего выемкой, симметричной относительно направления распространения взрывной волны, происходит направленное истечение продуктов взрыва.

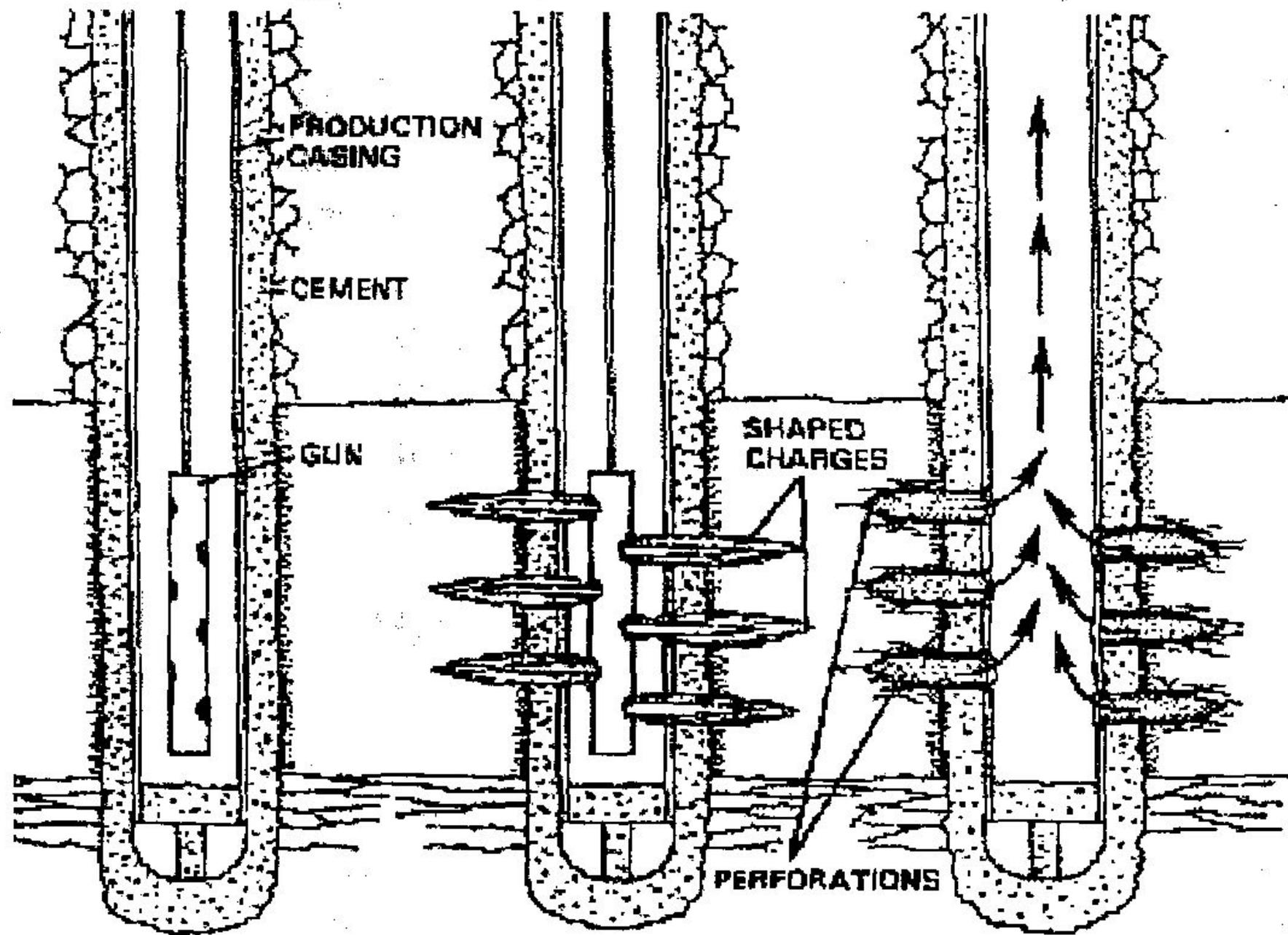


Глубина пробивания (в зависимости от типа) от до 300 мм
Корпусный кумулятивный перфоратор многократного использования:

1 - головка; 2 - корпус; 3 - детонирующий шнур; 4 - кумулятивный заряд; 5 - герметизирующее уплотнение; 6 - взрывной патрон; 7 - наконечник.

Кумулятивные корпусные перфораторы





разрушение
цементной
крепи
в районе
перфорации

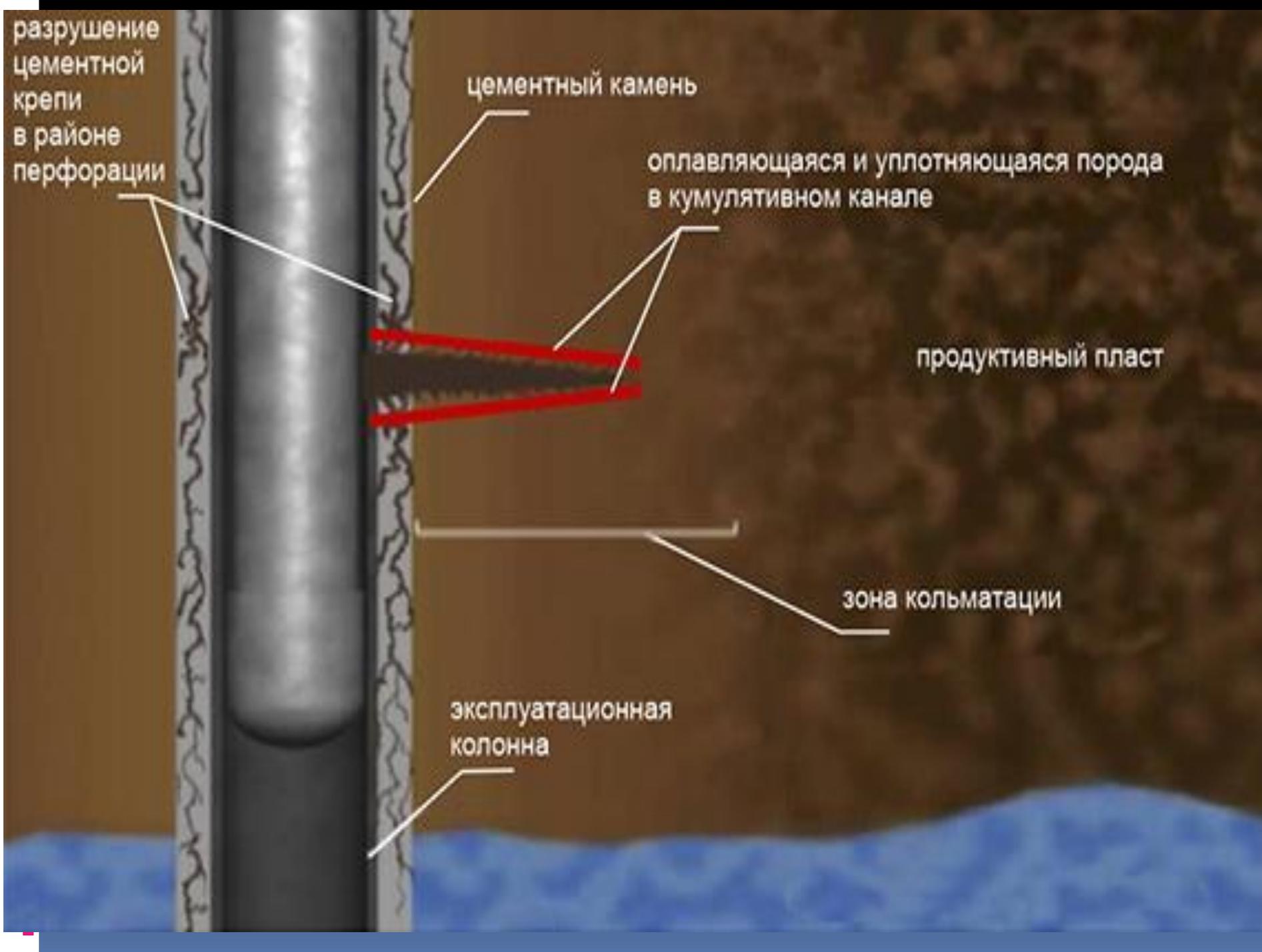
цементный камень

оплавляющаяся и уплотняющаяся порода
в кумулятивном канале

продуктивный пласт

зона кольматации

эксплуатационная
колонна



Недостатки

- Ухудшение сцепления цементного кольца со скважиной и горной породой;
- Образование трещин в цементном кольце;
- Попадание частиц цемента, обломков меди и свинца в перфорационные каналы ухудшает проницаемость стенок перфорационных каналов.

Невзрывные способы вторичного вскрытия пласта

Перфорация механическими устройствами (достоинства)

- Исключается разрушение цементного кольца;
- Сохранение герметичности заколонного пространства;
- Исключается загрязнение скважины продуктами взрыва;
- Увеличение производительности скважины;
- Экологическая чистота процесса перфорации.

Применение невзрывной перфорации

- Малая толщина продуктивных пластов и пропластков ($n \cdot m$);
- Низкая проницаемость коллекторов;
- Близость ВНК, поглощающих интервалов.

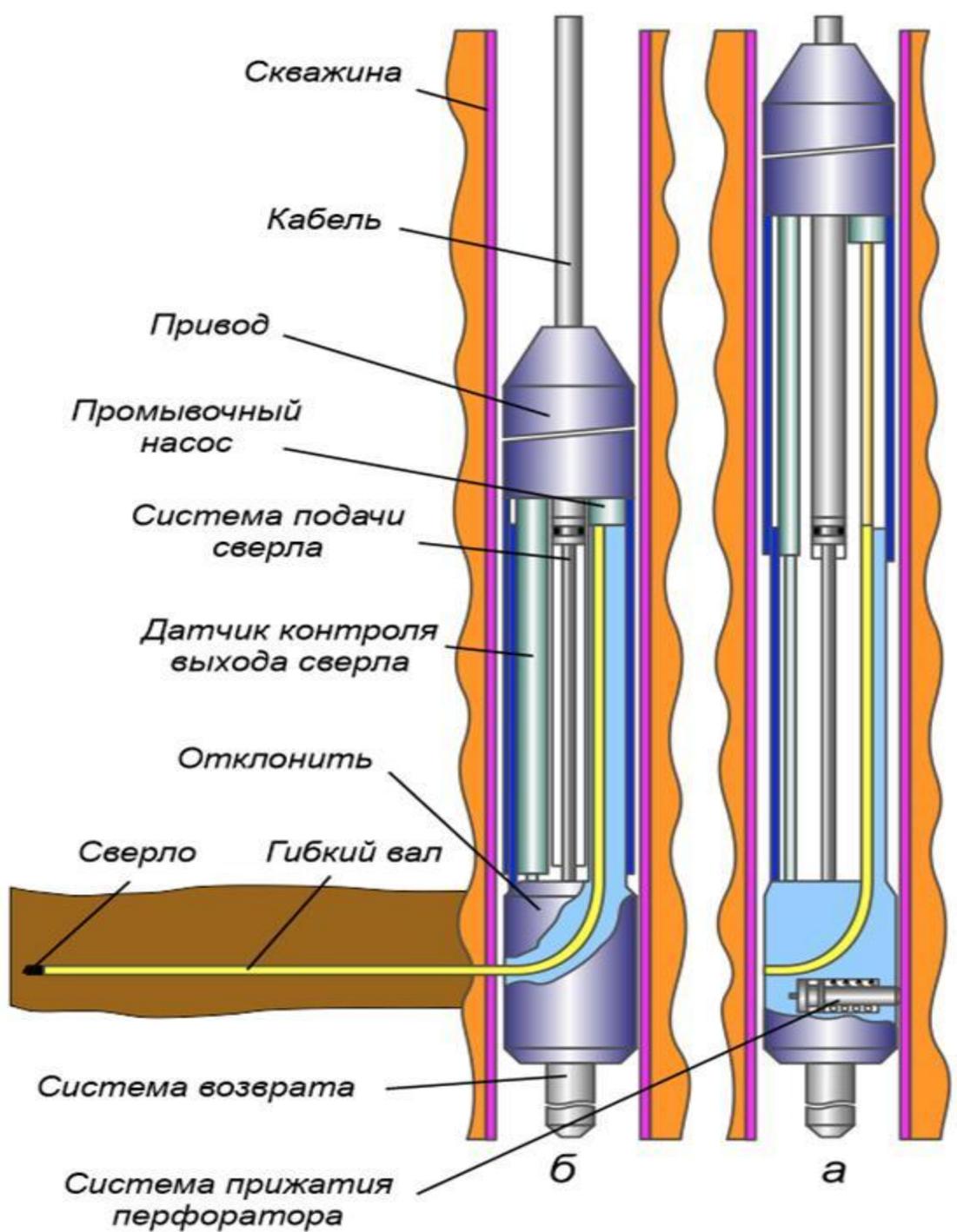
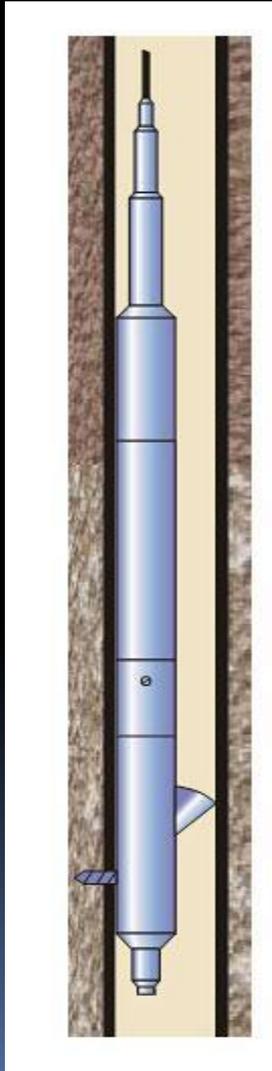
Перфораторы:

Сверлящие;

Прокалывающие (гидромеханические);

Гидропескоструйные.

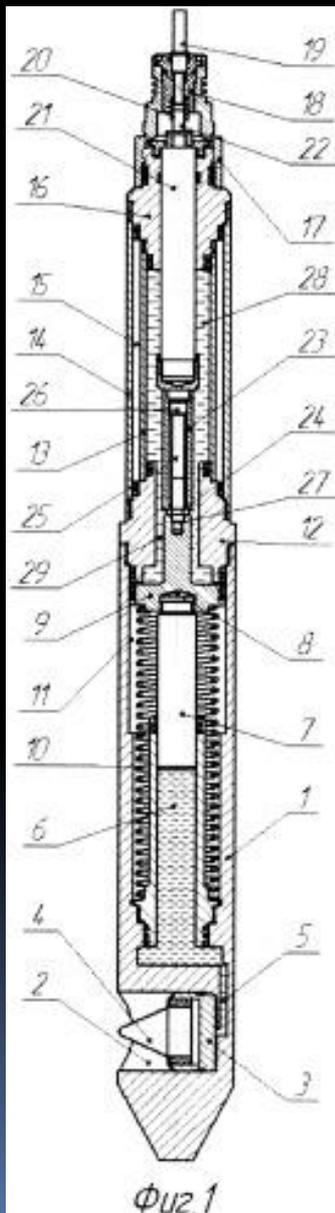
Сверлящий перфоратор



Типы сверлящих перфораторов

- ПС-112, привод – электродвигатель, разработчик ВНИИГИС, размер канала 14x50 мм;
- ПМ-3, привод – гидродвигатель, разработчик БашНИПИнефть, размер канала 22x72 мм;
- ПМ-1, привод – электродвигатель, размер щели 30x115 мм, глубиной 75 мм;
- ПМ-4, привод – электродвигатель, размер щели 19x150 мм, глубина 150 мм.

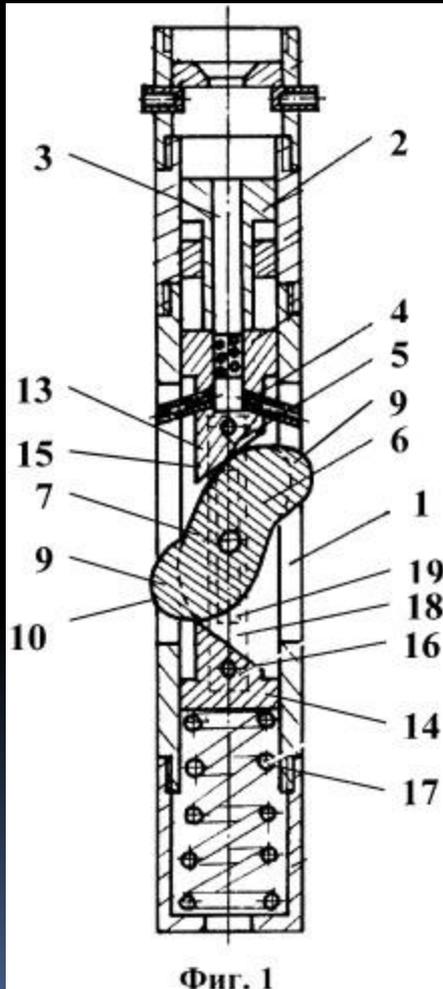
Прокалывающие перфораторы



Внутри корпуса 1 выполнен цилиндр 2, в котором расположен поршень 3 с прокалывающим инструментом 4. Посредством канала 5 цилиндр 2 гидравлически связан с цилиндром 6, внутри которого перемещается плунжер 7. Цилиндры 2 и 6, а также канал 5 образуют подплунжерное пространство. Плунжер 7 посредством сферического шарнира 8 соединен с поршнем 9, который, в свою очередь, опирается на возвратную пружину 10. Поршень 9 перемещается в надпоршневом пространстве 11, устроенной внутри корпуса 1. Корпус 1 посредством переводника 12 связан с энергоприводом, выполненным в виде герметично установленной на корпусе 1 трубы 13 и установленным внутри теплоизоляционного кожуха 14 с образованием между ними герметичной полости 15, заполненной воздухом. Сверху энергопривод и кожух 14 соединяются с мостом 16, который, в свою очередь, соединяется с приборной головкой 17, внутри которой через изолятор 18 установлен электрический проводник 19 с муфтой 20. Внутри моста 16 расположен ТЭН 21, проводник 22 которого входит в муфту 20, замыкая таким образом электрическую цепь. В нижней части ТЭНа 21, расположенной внутри энергопривода, устроен корпус 23 с упорным буртом 24. Внутри корпуса 23 расположена тяга 25 с ограничителем 26, которая посредством резьбы 27 соединена с поршнем 9. Внутренняя полость 28 трубы 13 энергопривода гидравлически связана с надпоршневым пространством 11 через центральный канал 29, образованный внутри переводника 12, при этом ТЭН 21, корпус 23 и поршень 9 соосны между собой.

Перфоратор гидромеханический щелевой режущего действия

- Перфоратор содержит корпус 1, в котором размещен поршень-толкатель 2 с гидравлическим центральным каналом 3 и отводящими гидроканалами 4 с гидромониторными насадками 5. В корпусе 1 расположен режущий инструмент - поворотный нож 6, форма продольного сечения которого близка к S-образной, обеспечивающий возможность выполнения одновременно двух диаметральных щелей. Нож 6 состоит из тела 7, выполненного, например, в виде бруска, и из жестко соединенных с телом 7 и размещенных по обе его стороны зубчатых режущих элементов 9, зубчатая режущая кромка 10 которых выполнена в виде дугообразного выпуклого контура. Режущая кромка 10 выполнена в виде установленных по контуру зубьев 11. Нож 6 установлен на центральной оси 12 и снабжен механизмом перемещения, состоящим из двух зеркально установленных друг по отношению к другу по продольной оси одинарных отклоняющих клиньев 13 и 14, клиновидная поверхность 15 и 16 которых размещена с возможностью взаимодействия с телом 7 ножа 6. При этом клин 13 взаимодействует с поршнем-толкателем 2 и является клином-поршнем для поворота ножа 6, а второй клин 14 является направляющим для возврата ножа 6 в сложенное положение и выполнен подпружиненным возвратной пружиной 17. Оба клина 13 и 14 скреплены между собой жесткой связью 18, например, пластиной, с продольной прорезью 19. 10 з.п



Достоинства и недостатки сверлящей перфорации

- Возможность заклинивания сверла в стенке канала;
- Ограниченное влияние на дебит скважины.

Гидроабразивная (пескоструйная) перфорация

Применение:

- При низкой проницаемости коллектора;
- При сильном загрязнении призабойной зоны пласта инфильтратом бурового раствора;
- При высокой температуре среды, в случае отсутствия термостойких типов перфораторов.

Применяемые растворы - песконосители:

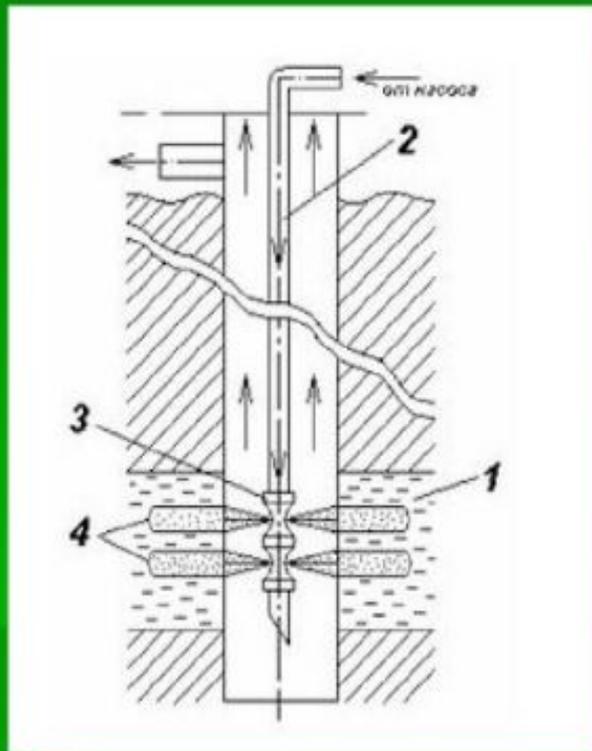
- На нефтяной основе, дегазированная нефть;
- Водные растворы (солей CaCl_2 , NaCl , KCl – от 8 до 22 % и их комбинации);
- Газожидкостные смеси.

Содержание кварцевого песка фракции от 0,2 до 2,0 мм – 50-100 кг/м³.

Плотность растворов – от 1,01 до 1,18 г/см³,
динамическая вязкость 12-40 мПа*с.

Скорость струи – 120-150 м/с, диаметр в обсадной колонне 13-15 мм, в породе до 60 мм.

Гидропескоструйная перфорация

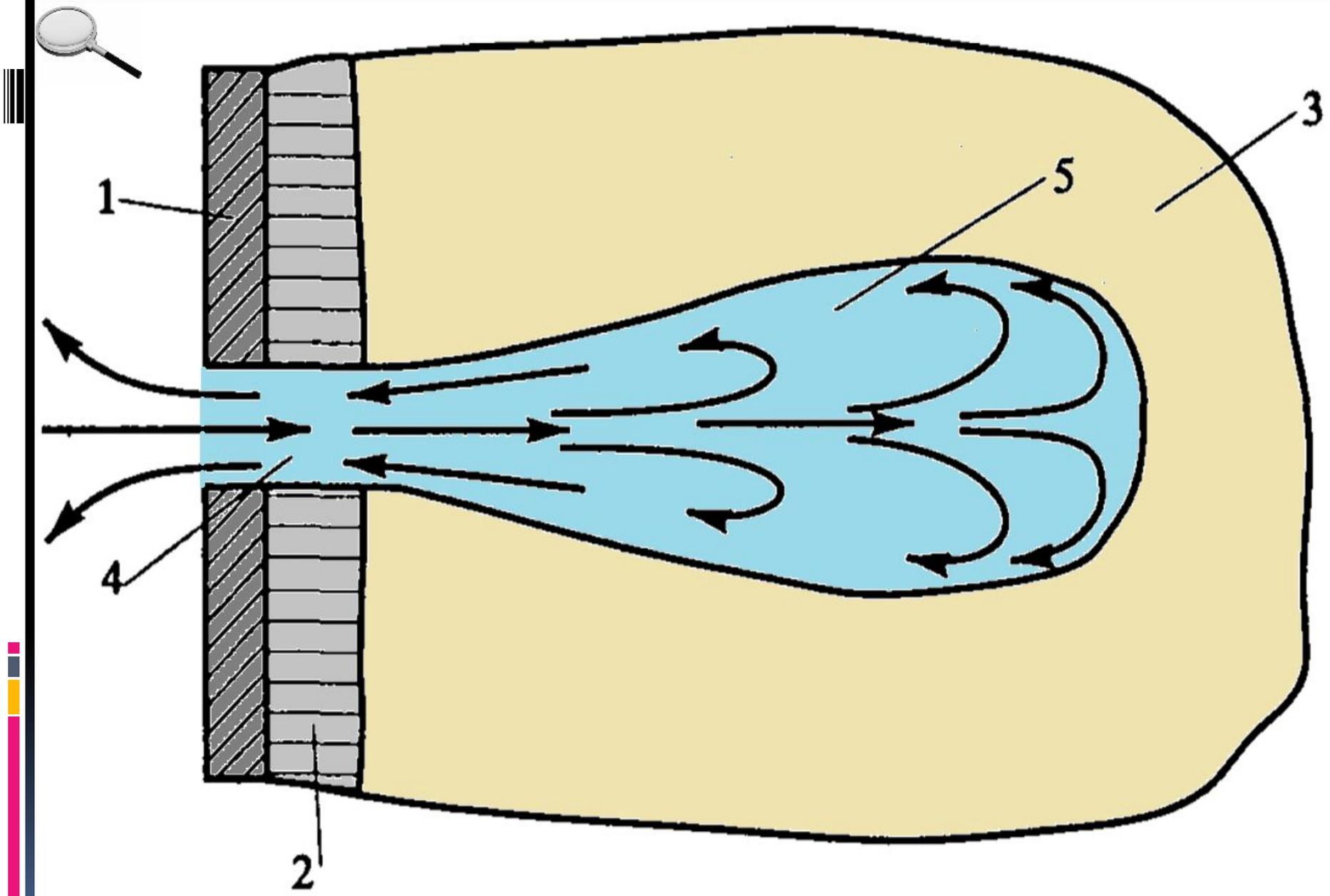


- 1 – зона обработки;
- 2 – насосно-компрессорная труба;
- 3 – гидроперфоратор;
- 4 – гидроперфорационные каналы

- Гидропескоструйная перфорация основана на абразивном и гидромониторном разрушении преград. При этом в пласте высоконапорными струями жидкости с песком, закачиваемой в скважину с поверхности по трубам и истекающей из сопел устройства, образуются глубокие чистые полости и каналы. Метод сложен.

В качестве жидкости-песконосителя в нефтяных скважинах применяют нефть, в нагнетательных - воду. В качестве абразивной добавки используют отсортированный кварцевый песок крупностью 0,5 – 0,8 мм в количестве 50-100 г/л. Давление закачки составляет обычно 2-25 МПа, что обеспечивает скорость выходящей струи из насадка равной 200-250 м/с. Продолжительность перфорации одного интервала продуктивного пласта не превышает 0,25-0,5 часа. После завершения этой операции ее можно выполнить повторно в интервале, расположенном выше.

- Длина образовавшихся каналов от 0,25 до 1,5 м



Достоинства и недостатки

- Увеличение производительности скважины;
- Увеличение времени перфорации;
- Высокий износ оборудования (дорогой метод);
- Дефицит кварцевого песка;
- Ограничение по глубине и аварийность.

Бесперфорационное вскрытие

Применение:

- В малопроницаемых коллекторах;
- При низких пластовых давлениях;
- При одновременной необходимости снижения опасности взрыва или фонтанирования скважины.

Особенности вскрытия;

- Перфорация обсадной колонны в зоне продуктивного пласта на пов-ти;

Изоляция перфорированного участка;

Принудительное эксцентричное смещение относительно оси скважины;

Наличие перекрывателя золотникового для разобщения коллектора с внутренней полостью эксплуатационной колонны;

Селективная изоляция.

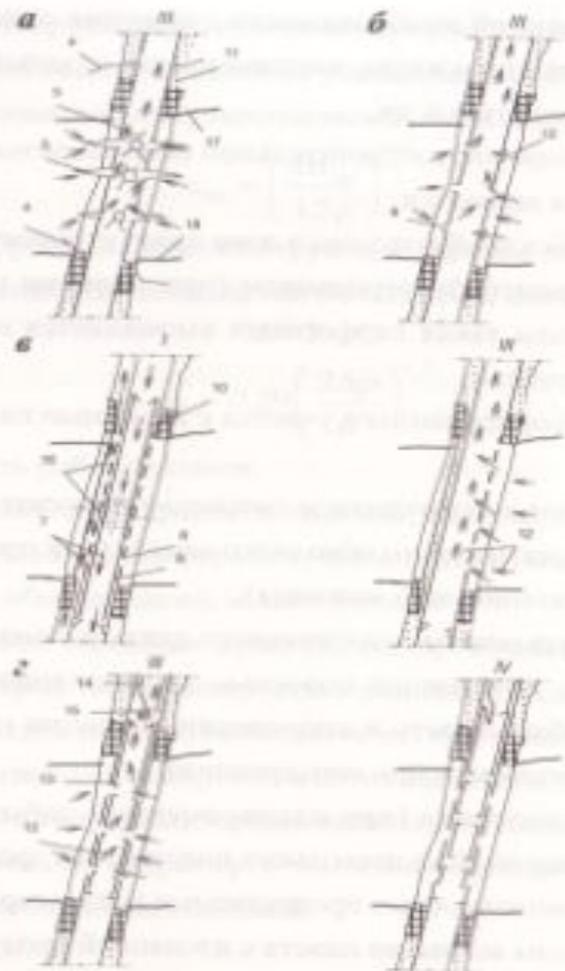


Рис. 2.9. Схемы бесперфорационного вскрытия пласта с селективной изоляцией пластов
a – с кумулятивной перфорацией; *б* – с кислоторастворимыми вставками;
в – с бесперфорационным вскрытием пласта; *а'* – то же с золотниковым перекрытием пласта
 (обводный канал не показан)

I – цементирование обсадной колонны; *II* – зацементированная колонна до перфорации;
III – работа скважины; *IV* – глушение скважины перед ремонтом.

- 1 – обсадная колонна; 2 – пакер; 3 – перфорационный канал; 4 – трещина в породе;
- 5 – трещина в колонне; 6 – элемент обсадной с кислоторастворимыми вставками;
- 7 – цементный раствор; 8 – перфорированная на поверхности обсадная труба;
- 9 – перекрыватель извлекаемый; 10 – шпикс; 11 – цементный камень;
- 12 – пластинчатый флюид; 13 – перекрыватель золотниковый; 14 – НКТ; 15 – дователь;
- 16 – обводный канал; 17, 18 – кровля и подошва продуктивного горизонта