



# Методы вторичного вскрытия пласта

Перфорация



# Основы вторичного вскрытия пласта

- Скважины с перфорированным забоем доминируют в нефтегазовой отрасли, в связи с чем представляется разумным рассмотреть основные методы перфорации скважин.
- По принципу действия технических средств и технологий, применяемых для перфорации скважин, все методы можно разделить на следующие:
  - Взрывные
  - Гидродинамические
  - Механические
  - Химические



# Взрывные методы

- К взрывным методам относятся пулевая, торпедная и кумулятивная перфорация.
- Не останавливаясь на технической оснащённости этих методов, кратко рассмотрим основные принципы.
- Пулевая перфорация осуществляется так называемым пулевым перфоратором, в котором имеются камеры с взрывчатым веществом, детонатором и пулей 12,5 мм. В результате практически мгновенного сгорания заряда давление на пулю достигает 2000 МПа; под действием этого давления пуля пробивает обсадную колонну, цементный камень может внедряться в породу, образуя перфорационный канал длиной до 150 мм, диаметр которого равен 12 мм. Если применяется перфоратор другой конструкции, то давление при взрыве существенно ниже 2000 МПа (0,6-0,8 МПа), но время его действия на пулю длительнее, что увеличивает начальную скорость вылета пули и её пробивную способность; длина перфорационных каналов достигается 350 мм. Существуют пулевые перфораторы с горизонтальными и вертикальными стволами.



- Торпедная перфорация осуществляется разрывными снарядами диаметром 32 или 22 мм. При попадании снаряда в горную породу после выстрела происходит взрыв внутреннего заряда снаряда и дополнительное воздействие на горную породу в виде образования системы трещин. Длина перфорационных каналов при торпедной перфорации достигает 160 мм. Торпедная перфорация осуществляется аппаратами с горизонтальными стволами.

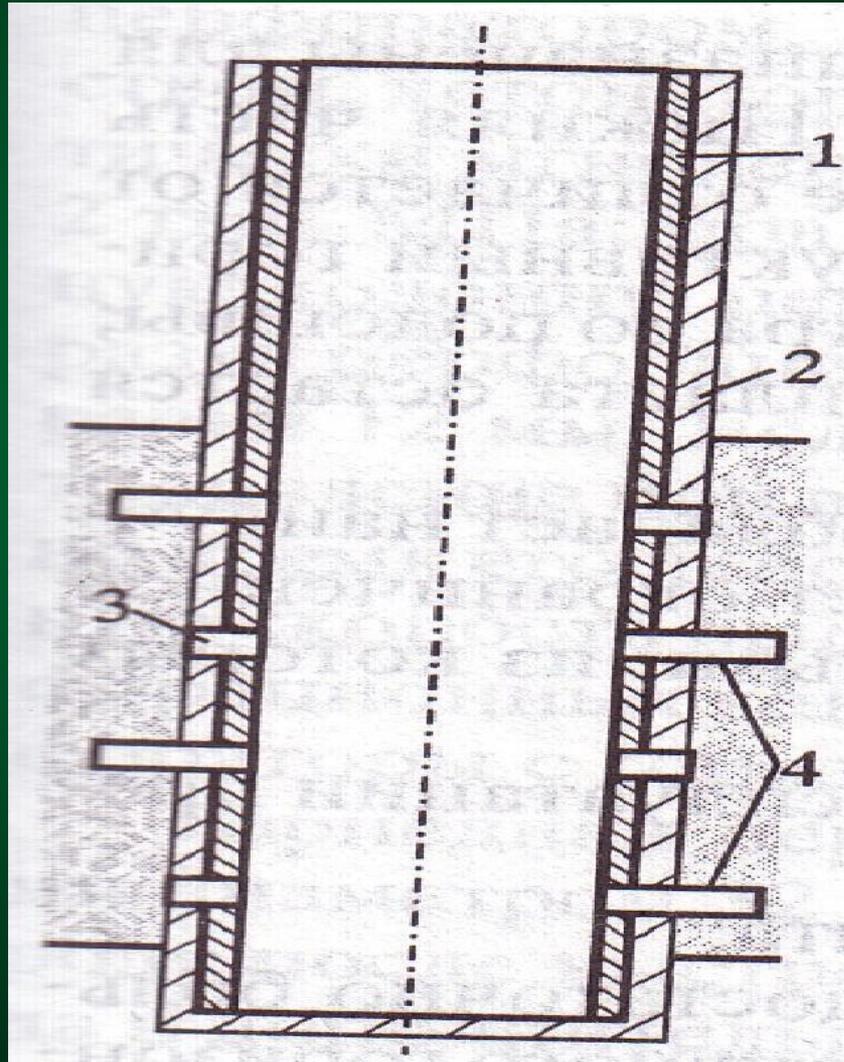


- Кумулятивная (беспулевая) перфорация осуществляется за счёт фокусирования продуктов взрыва заряда специальной формы, как правило, конической. Заряд конической формы облицован тонким медным листовым покрытием. При подрыве заряда медная облицовка заряда расплавляется, смешивается с газами и в виде газометаллической струи продавлиывает канал в колонне, цементном камне и горной породе. Давление в струе достигает 0,3 млн. МПа, а скорость её – 8 км/с. При этом образуется перфорационный канал длиной до 350 мм и диаметром до 14 мм. Кумулятивные перфораторы делятся на корпусные и бескорпусные (ленточные), но снаряды в них всегда располагаются горизонтально.
- В настоящее время кумулятивная перфорация является наиболее распространённой, т.к. позволяет в широком диапазоне регулировать характеристики зарядов, подбирая лучшие для каждого конкретного продуктивного горизонта.



# Недостатки

- При взрыве создаётся высокое давление и ударная волна, в обсадной колонне и особенно в цементном камне возникают нарушения, связанные с трещинообразованием, нарушением цементного камня с горными породами и обсадной колонной и потерей герметичности заколонного пространства. В процессе эксплуатации скважины это приводит к заколонным перетокам.
- Перфорационные каналы, создаваемые при взрывных методах, имеют уплотнённые стенки, а сами каналы засорены не только продуктами взрыва, но и различными разрушающимися деталями. При взрывных методах перфорации на внутренней поверхности обсадной колонны образуются заусенцы, осложняющие или делающие невозможным проведение исследовательских работ в скважине спускаемыми измерительными приборами.





# Гидродинамические методы

- Самым распространённым методом является гидропескоструйная перфорация (ГПП). Она относится не только к методам искусственного воздействия на призабойные зоны скважин с целью управления продуктивностью или приемистостью. Основой ГПП является использование кинетической энергии жидкостно-песчаных струй, формируемых в насадках специального аппарата – гидропескоструйного перфоратора. Высокоскоростные (до  $n 100$  м/с) жидкостно-песчаные струи обладают абразивным действием, что позволяет направленно и эффективно воздействовать на обсадную колонну, цементный камень и горные породы, создавая в них каналы различной ориентации. Гидропескоструйный перфоратор закрепляется на нижнем конце колонны НКТ и спускается в скважину на заданную глубину. На поверхности используется специальное оборудование: устьевая арматура, насосные и пескосмесительные агрегаты и др. Жидкостно-песчаная смесь закачивается в НКТ насосным агрегатом под высоким давлением.

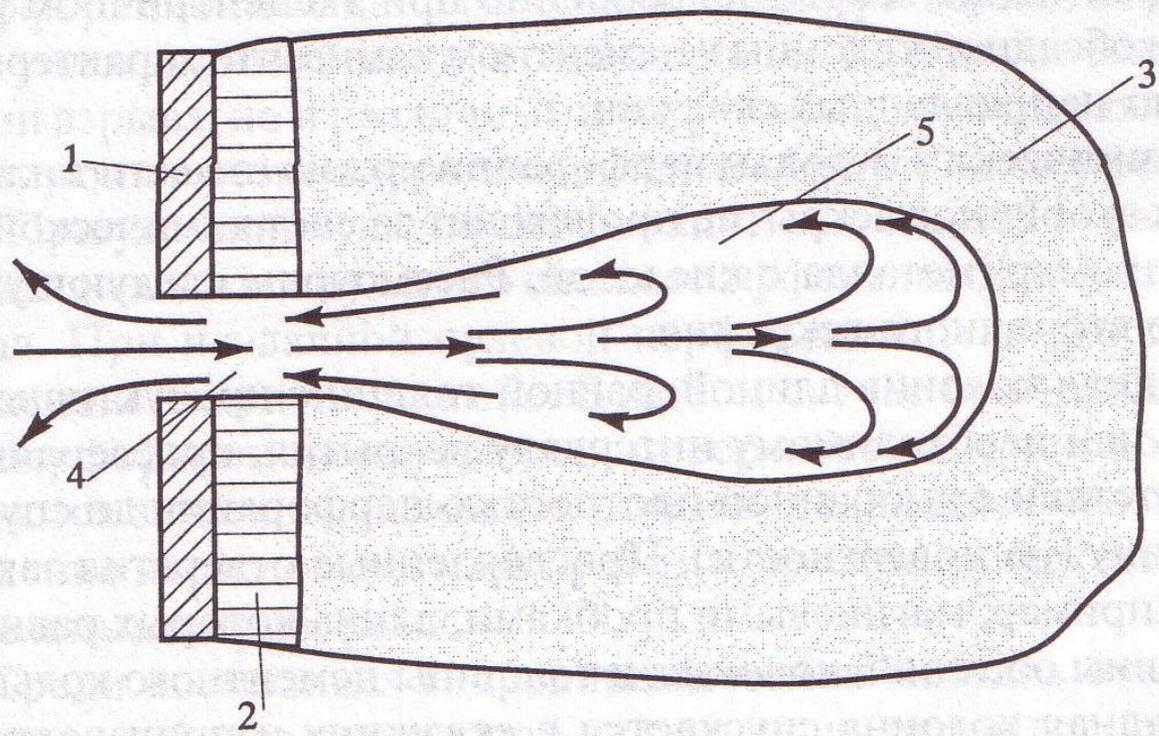


- При фиксированном положении гидropескоструйного перфоратора в скважине, в обсадной колонне и цементном камне образуются крупные отверстия, а в породе – грушеобразные каверны, форма которых представлена на рисунке. Форма и размеры каверны зависят не только от прочности горной породы, но и от скорости жидкостно-песчаных струй; содержания в ней песка, его количества и размеров песчинок; продолжительности воздействия и фильтруемости жидкости. В начальный момент времени каверна формируется достаточно эффективно; по мере расширения каверны скорость активной струи в каверне снижается, а возвратный поток жидкости тормозит активную струю дополнительно – эффективность формирования каверны резко снижается. Как правило каверна заполнена песком.



# Недостатки

- Единственным недостатком этого метода является его стоимость. Во много раз дешевле провести несколько раз кумулятивную перфорацию. Именно поэтому ГПП почти не используется.



**Рис. 1.11. Схема образования грушеобразной каверны в породе при гидропескоструйной перфорации:**  
1 — обсадная колонна; 2 — цементный камень; 3 — горная порода; 4 — круглое отверстие; 5 — грушеобразная каверна



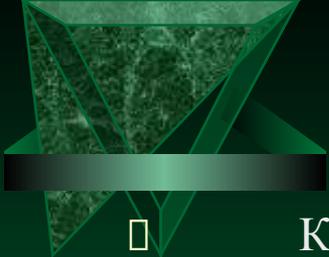
# Механический метод

- Механический метод перфорации является сравнительно новым и осуществляется сверлящим перфоратором, представляющим из себя, по существу, электрическую дрель. Этот перфоратор представляет собой корпус с электромотором. Сверло расположено в корпусе горизонтально. В связи с этим выход сверла определяется диаметром корпуса, что в ряде случаев является недостаточным.
- При этом методе вторичное вскрытие осуществляется сверлением отверстий диаметром 14-16 мм; при сверлении обсадной колонны давление на цементный камень является малым, и он не повреждается. При соответствующем выходе сверла просверливаются не только обсадная колонна и цементный камень, но и часть горной породы. Поверхность такого канала является гладкой, а горная порода не уплотненной. Отсутствуют заусенцы и на внутренней поверхности обсадной колонны.



# МИНУСЫ И ПЛЮСЫ

- Как показало промышленное использование сверлящих перфораторов, они не повреждают цементного камня и не нарушают герметичности заколонного пространства, позволяя эффективно вскрывать продуктивные горизонты вблизи водонефтяного потока, избегая преждевременного обводнения скважин, которое неизбежно при взрывных методах. Недостатком сверлящего перфоратора является ограниченный вход сверла. Это не всегда обеспечивает эффективное вскрытие, особенно при эксцентричном расположении обсадочной колонны в цементном камне, что характерно для наклонно-направленных скважин.



# Химические методы

- К химическим методам перфорации можно отнести такие, при которых вторичное вскрытие происходит за счёт химической реакции, например, металла с кислотой. Рассмотрим следующую технологию вторичного вскрытия.
- Обсадная колонна длиной, равной толщине продуктивного горизонта или необходимому интервалу вскрытия, просверливается в соответствии с выбранной плотностью перфорации до спуска её в скважину (на поверхности). Просверленные отверстия закрываются, например, магниевыми пробками, длина которых равна сумме толщины обсадной колонны и толщины цементного кольца. Затем обсадная колонна спускается в скважину и производится её цементирование. После схватывания цементного раствора в скважину закачивается расчётное количество раствора соляной кислоты, которое продавливается до интервала вскрытия. Взаимодействие солянокислотного раствора с магниевыми пробками приводит к их растворению, и через определённое время магниевые пробки растворяются полностью, раскрывая просверленные в обсадной колонне отверстия и отверстия, образовавшиеся в цементном камне. В результате этого создаётся хорошая гидродинамическая связь призабойной зоны с полостью скважины.



# Заключение

- Таким образом, рассмотренные методы вторичного вскрытия, технологии и техника их реализации являются многообразными, но не существует ни одного, который бы не обладал определёнными, а иногда и существенными недостатками.