

# **Лекция 9. СПОСОБЫ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИНЫ**

**Автор:** доцент кафедры бурения  
скважин Ковалев Артем Владимирович

# СПОСОБЫ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИН

## Основные задачи цементирования:

1. Разобшение горизонтов друг от друга и от поверхности.
2. Закрепление стенок скважин.
3. Защита обсадных колонн от коррозионного воздействия пластовых флюидов.
4. Удержание в подвешенном состоянии обсадной колонны.

## Выделяют 2 группы способов:

1. Способы первичного цементирования (для доставки тампонажного раствора в затрубное пространство).
2. Способы вторичного цементирования (ремонтного).

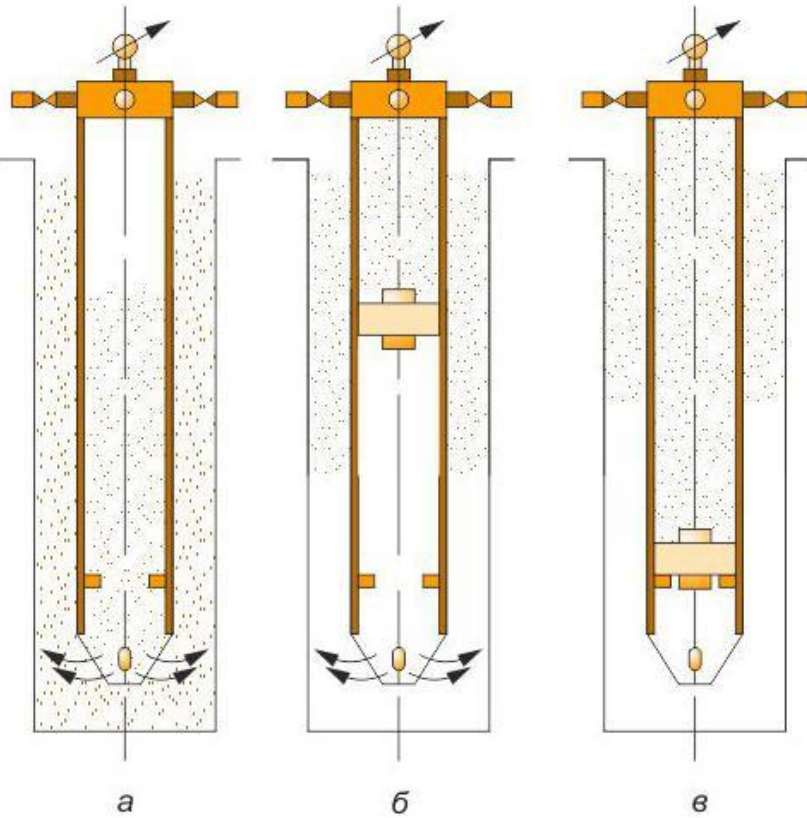
## Способы первичного цементирования

- Одноступенчатый - прямой;
- Двухступенчатый - прямой;
- Манжетный (селективно-манжетный) – прямой;
- Обратный;
- Встречными потоками;
- Комбинированный;
- Цементирования хвостовиков и секций ОК.

# ПРЯМОЕ ОДНОСТУПЕНЧАТОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

При этом способе тампонажный раствор доставляется в затрубное пространство закачкой тампонажного раствора в обсадную колонну с последующей его продавкой через башмак в затрубное пространство. Реализуется в один приём (одноступенчатый вариант).

При одноступенчатом цементировании колонна оборудуется в нижней части башмаком, выше – обратным клапаном со «стоп-кольцом». На наружной поверхности колонны устанавливаются центраторы (фонари), скребки, турбулизаторы. Верхняя часть колонны оборудуется цементировочной головкой.



## Схема прямого одноступенчатого цементирования с одной пробкой:

- а) закачка тампонажного раствора после буферной жидкости;
- б) продавка тампонажного раствора, сброс разделительной пробки;
- в) посадка разделительной пробки в «стоп-кольцо», сопровождающееся скачком давления на цементировочной головке, конец цементирования.

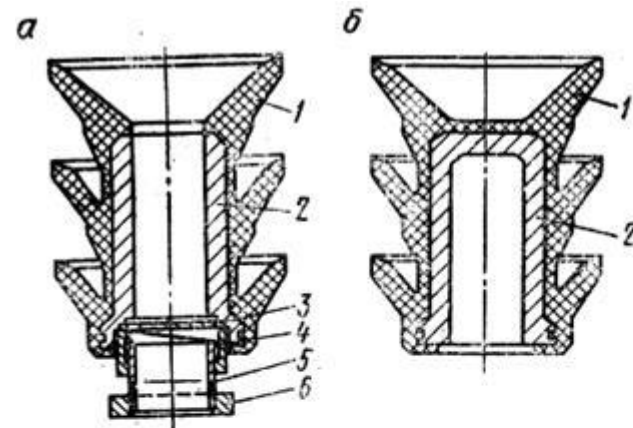
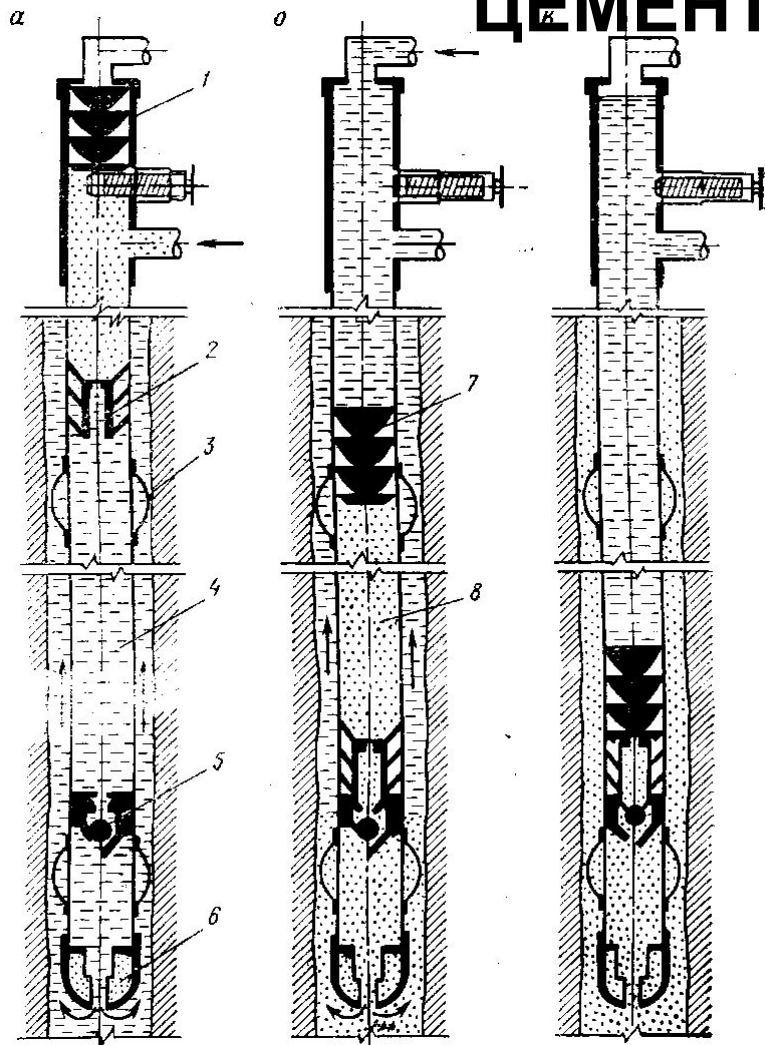
## Разновидности прямого одноступенчатого цементирования:

- с 1 – ой разделительной пробкой;
- с 2 – мя пробками: нижней и верхней;
- с буферной жидкостью;
- без буферной жидкости.

Наиболее часто встречающийся случай – с буферной жидкостью и одной разделительной пробкой.

Схема проста в реализации, даёт высокое качество цементирования и применяется в 90 – 95% случаев (всех заливок).

# ПРЯМОЕ ОДНОСТУПЕНЧАТОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ



**Пробки продавочные:**

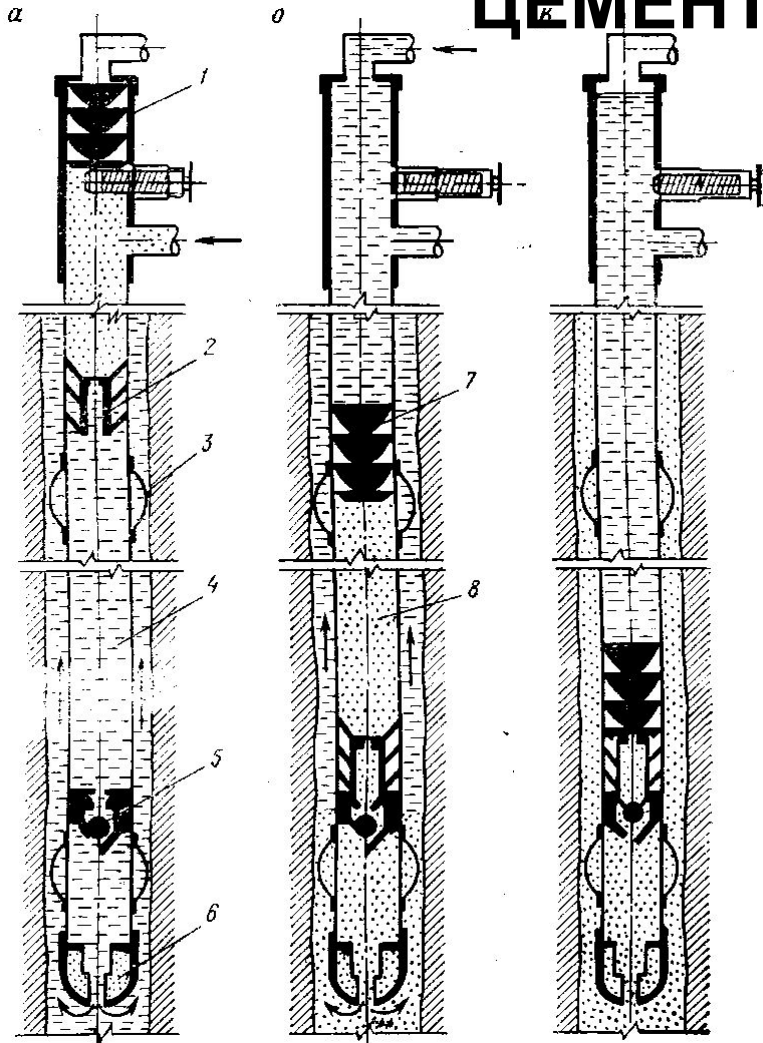
а – нижняя, б – верхняя

1 – резиновые манжеты; 2 – металлический сердечник;  
3 – мембрана; 4 – гайка; 5 – нож; 6 – стопорное кольцо

## **Схема прямого одноступенчатого цементирования с двумя пробками:**

- а) сброс нижней пробки, начало закачки тампонажного раствора после буферной жидкости;  
 б) сброс верхней пробки, начало закачки продавочной жидкости после тампонажного раствора;  
 в) посадка верхней продавочной пробки в нижнюю, сопровождающееся скачком давления на цементировочной головке, конец цементирования скважины.
- 1 – цементировочная головка; 2 – нижняя пробка; 3 – центратор; 4 – обсадная колонна; 5 – обратный клапан;  
 6 – башмак колонны; 7 – верхняя пробка; 8 – цементный раствор.

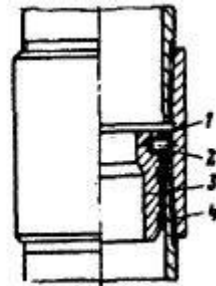
# ПРЯМОЕ ОДНОСТУПЕНЧАТОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ



При цементировании длинных колонн сигнал об остановке верхней пробки приходит на поверхность и фиксируется манометром на устье с запозданием на несколько секунд. Это опасно, т.к. закачка жидкости продолжается и под влиянием быстро возрастающего давления могут быть разрушены пробка и упорное кольцо. Во избежание этого в колонне на некотором расстоянии от упорного кольца устанавливается сигнальное кольцо, укрепленное при помощи срезных шпилек.

Как только верхняя пробка сядет на сигнальное кольцо, давление в колонне, в которую продолжается нагнетание жидкости, резко возрастет. Этот скачок давления будет зафиксирован на поверхности, и операторы своевременно смогут прекратить закачку продавочной жидкости.

Шпильки 2 тарируют так, чтобы они срезались при повышении давления над верхней пробкой на 3-4 МПа. После срезания шпилек верхняя пробка вместе с сигнальным кольцом продолжает движение до схождения с нижней пробкой.



**Сигнальное кольцо:**  
1 – втулка,  
2 – калиброванная шпилька, 3 – кольцо,  
4 – резиновые кольца

## Схема прямого одноступенчатого цементирования с двумя пробками:

- а) сброс нижней пробки, начало закачки тампонажного раствора после буферной жидкости;
  - б) сброс верхней пробки, начало закачки продавочной жидкости после тампонажного раствора;
  - в) посадка верхней продавочной пробки в нижнюю, сопровождающееся скачком давления на цементировочной головке, конец цементирования скважины.
- 1 – цементировочная головка; 2 – нижняя пробка; 3 – центратор; 4 – обсадная колонна; 5 – обратный клапан;  
6 – башмак колонны; 7 – верхняя пробка; 8 – цементный раствор.

# ПРЯМОЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

Прямое двухступенчатое цементирование предпочтительно применять при:

- высокой вероятности гидроразрыва горных пород за счет большого расчетного забойного давления в конце цементирования ( $P_3 > P_{гр}$ );
- расчётном давлении на цементировочной головке, большем, чем максимальное давление, развиваемое цементировочным агрегатом ( $P_{цг} > P_{ца}$ );
- необходимости одновременного участия чрезмерно большого числа цементировочных агрегатов и смесительных машин;
- большом времени цементирования ( $T_{ц} > T_{загуст.}$ );
- различных температурных условиях.

**Сущность двухступенчатого цементирования:** весь интервал цементирования делится на две части (ступени). При этом колонна снабжается **муфтой ступенчатого цементирования** (МСЦ). I ступень цементируется через башмак обсадной колонны (как при прямом одноступенчатом способе цементирования), а II ступень цементируется через МСЦ. При этом используются цементировочные головки 2ГЦУ или 2 ГЦК.

# ПРЯМОЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

Существует несколько технологических схем:

## ***по количеству пробок:***

- с четырьмя пробками (по две на каждую ступень);
- с тремя пробками (одна - для первой ступени, одна - управляющая, одна - для второй ступени (верхняя));
- с двумя пробками и одним управляющим шаром.

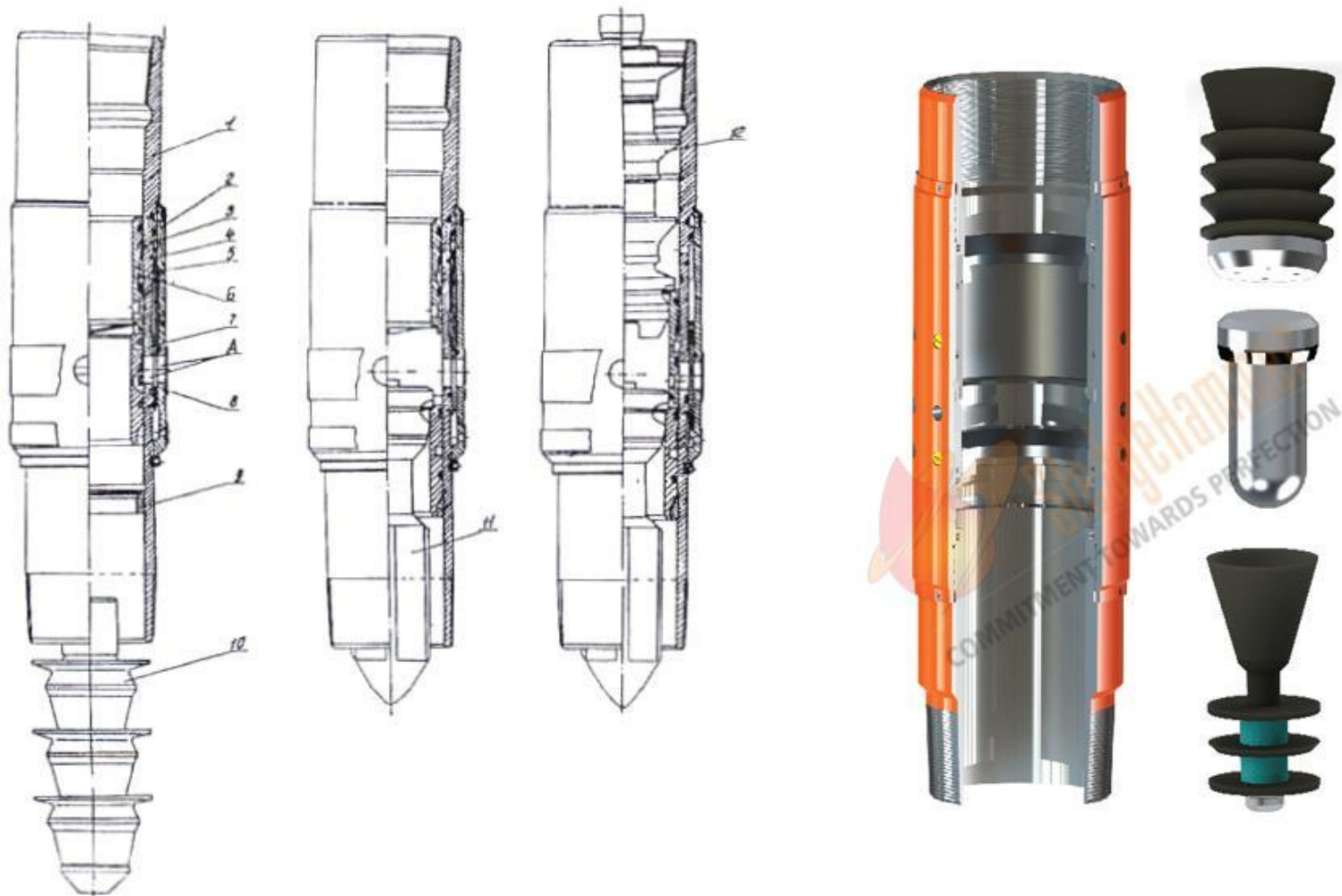
## ***по времени закачивания:***

- без разрыва во времени (тампонажный раствор второй ступени заканчивается непосредственно после закачки первой);
- с разрывом во времени (тампонажный раствор второй ступени закачивается после ОЗЦ первой ступени).

## ***по интервалам цементирования:***

- без разрыва в пространстве;
- с разрывом в пространстве ← сейчас не допускается.

# ПРЯМОЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

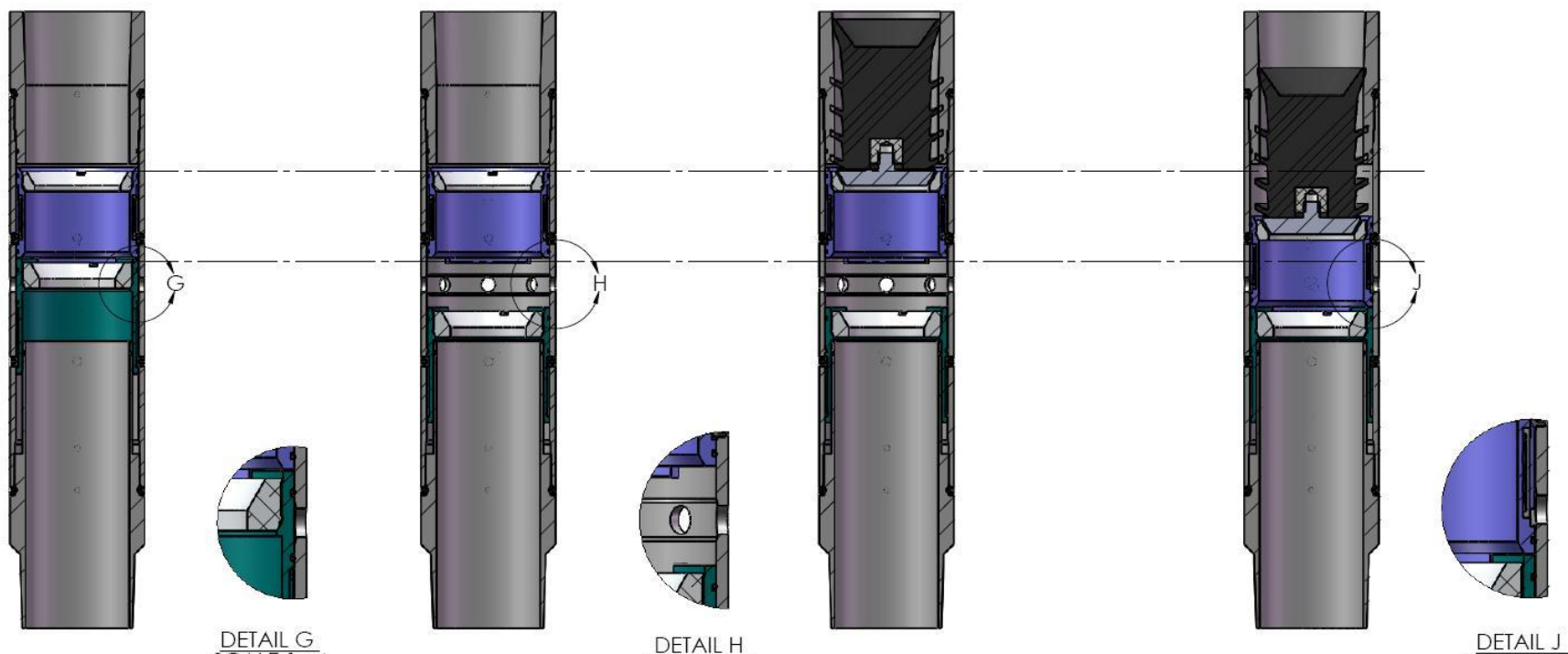


## Муфта ступенчатого цементирования:

- а – положение при цементировании первой ступени, б – положение при цементировании второй ступени, в – положение после окончания цементирования,  
1 – корпус, 2 – обойма, 3 – верхняя втулка, 4, 6, 8 – штифты срезные, 5 – заслонка,  
7 – нижняя втулка, 9 – ограничитель перемещения нижней втулки, 10 – продавочная пробка,  
11 – падающая пробка, 12 – запорная пробка

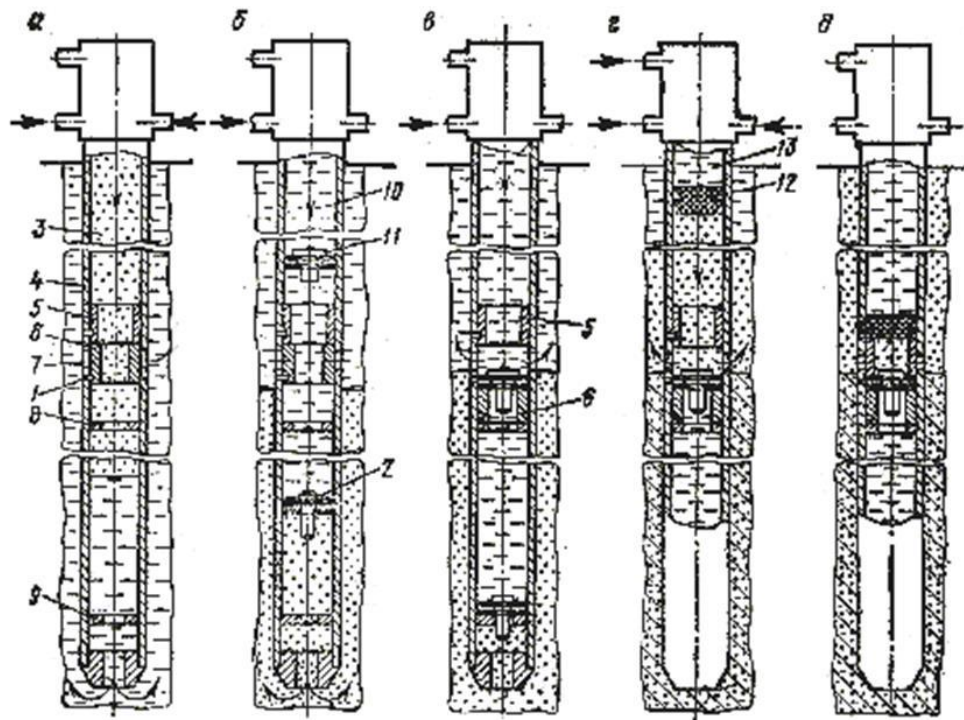


# ПРЯМОЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ



**Муфта ступенчатого цементирования гидравлического типа 650 компании «ТОР-СО»:**  
а – положение при цементировании первой ступени, б – опускание втулки за счет роста давления раствора, открытие в МСЦ отверстий, в – посадка пробки на седло верхней втулки, г – опускание втулки вниз, закрытие отверстий

# ПРЯМОЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

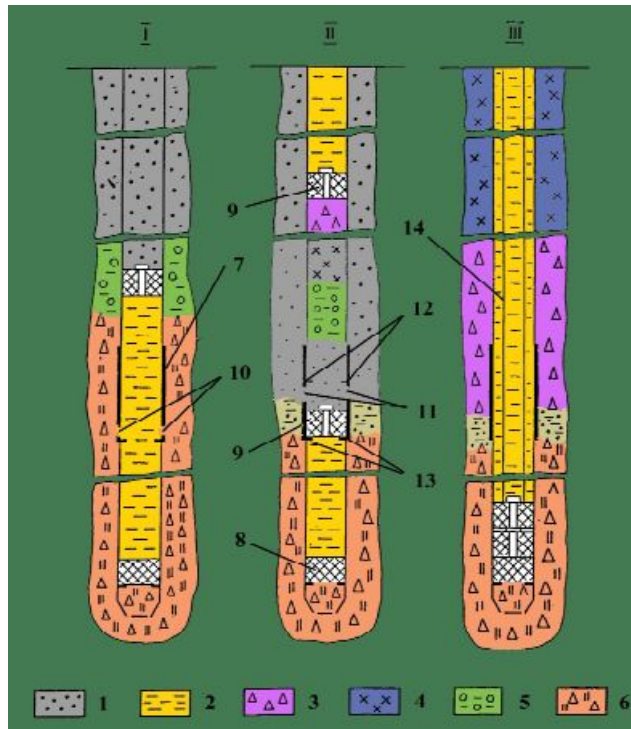


## Схема двухступенчатого цементирования:

- а – закачка тампонажного раствора для нижней ступени;
- б – перед посадкой 1-ой пробки на «стоп-кольцо», сброс 2-ой пробки;
- в – посадка 2 пробки на удерживающую втулку, срез шпилек, ее опускание до упора, открытие отверстий в МСЦ, промывка верхнего интервала во время ОЗЦ 1 ступени;
- г – цементирование второй ступени, сброс 3-ей пробки;
- д – посадка 3-ей пробки в верхнюю втулку, срез шпилек, ее опускание до нижней втулки, закрытие отверстий в МСЦ, окончание цементирования второй ступени

1 – шпильки, 2 – первая пробка, 3 – тампонажный раствор для цементирования 1 ступени, 4 – обсадная колонна, 5 – втулка,  
6 – удерживающая втулка, 7 – отверстия, 8 – упор, 9 – «стоп-кольцо», 10, 13 – продавочная жидкость, 11 – вторая пробка, 12 – третья пробка

# ПРЯМОЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ



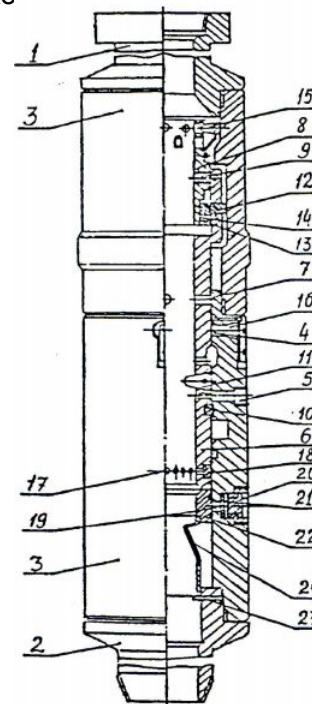
**Схема ступенчатого цементирования скважины совместным применением цементировочной муфты типа МЦП и специальной тампонажной смеси ОАО "Тяжпрессмаш":**

1 - буровой раствор; 2 - продажная жидкость; 3 - цементный раствор; 4 - глиноцементный облегченный раствор; 5 - буферная жидкость; 6 - специальная тампонажная смесь; 7 - проходная цементировочная муфта типа МЦП; 8 - стандартная цельнорезиновая цементировочная пробка; 9 - специальные цементировочные пробки с открывающимся к устью скважины обратным клапаном и жестким посадочным конусом из алюминия (обеспечивают гидромеханическое перемещение втулок муфты); 10 - отверстия технологического клапана муфты (клапан является гидравлически управляемым; открывается после первой ступени цементирования за счет заданного повышения давления в колонне, а закрывается на второй ступени цементирования втулками муфты); 11 - основные цементировочные окна муфты (открываются при взаимодействии нижней спецпробки 9 с втулками муфты, а закрываются при взаимодействии с этими втулками верхней спецпробки 9); 12 и 13 - радиально подвижные конические упоры, установленные в боковых отверстиях втулок муфты и центробежно подпружиненные (являются временными седлами для спецпробок 9, обеспечивая взаимодействие этих пробок с втулками муфты; перемещаясь в процессе сдвига втулок по профильной внутренней поверхности корпуса муфты, могут входить в центральный канал муфты или выходить из него, освобождая спецпробки 9 для перемещения в эксплуатационной колонне); 14 - колонна насосно-компрессорных труб (обеспечивает

I - завершение первой ступени цементирования и открытие отверстий технологического клапана муфты (для посадки в нее нижней спецпробки 9, обеспечивающей открытие основных цементировочных окон муфты и создающей временное дно в колонне под этими окнами для второй ступени цементирования);

II - вторая ступень цементирования (обычно осуществляется после схватывания тампонажного раствора первой ступени; посадкой верхней спецпробки 9 на верхние радиально подвижные упоры 12 будет обеспечено закрытие основных цементировочных окон муфты 11 втулкой и выход упоров 12 и 13 из центрального канала муфты);

III - завершение смещения спецпробок 9 к башмаку эксплуатационной колонны при спуске колонны насосно-компрессорных труб



- 1- верхний переводник
- 2- нижний переводник
- 3- корпус
- 4- цементировочные окна
- 5- срезные винты
- 6- ступенчатая втулка
- 7- цементировочные окна
- 8- кольцо
- 9- срезные штифты
- 10- фиксатор
- 11 - раздвижные упоры
- 12- выдвигающиеся опорные вкладыши
- 13- кольцо
- 14- срезные штифты
- 15- выдвигающиеся упоры
- 16- обратные клапаны
- 17- боковые отверстия
- 18- перепускной обратный клапан
- 19- технологические отверстия
- 20- пробки
- 21- штифты
- 22- втулка
- 23- срезные штифты
- 24- седло

# ПРЯМОЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

После этого осуществляется ОЗЦ 2-ой ступени, разбуривание МСЦ и других элементов технологической оснастки, проверка герметичности и т.д. Изложенная схема цементирования предполагает обязательный РАЗРЫВ ВО ВРЕМЕНИ, который равен ОЗЦ 1-ой ступени (в пределах суток).

## ***Недостатки метода двухступенчатого цементирования с разрывом во времени:***

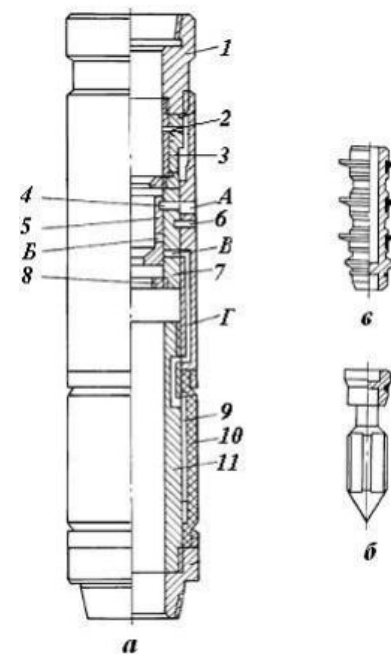
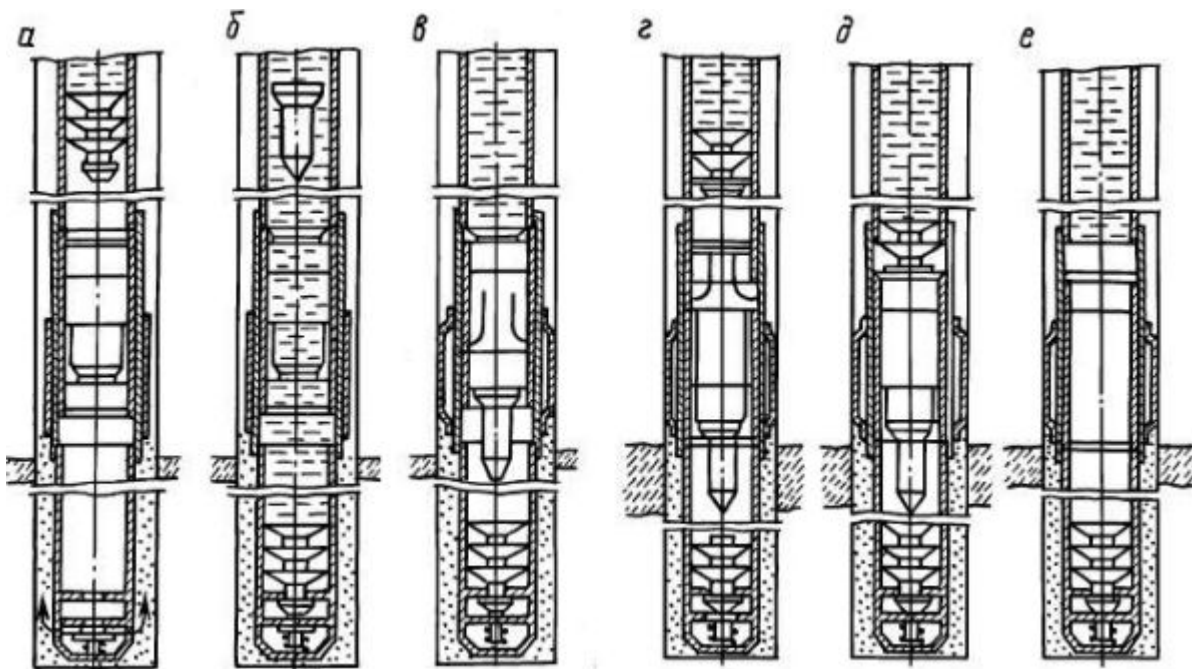
- вероятность отказа муфты ступенчатого цементирования (не-открытие или незакрытие циркуляционных отверстий, падение давления после момента «стоп», негерметичность колонны и др.);
- в процессе промывки, закачивания и продавки верхней порции тампонажного раствора, в момент получения «стоп» и опрессовки всей колонны на твердеющее цементное кольцо первой ступени создаются дополнительные механические нагрузки, приводящие к нарушению контактов цементного камня с обсадной колонной и стенками скважины;
- во время периода ОЗЦ первой ступени простаивают буровая установка и цементировочная техника;
- стоимость цементировочных работ увеличивается на 3...5% (необходимы затраты средств на приобретение муфт, средств и времени на разбуривание или проталкивание пробки к забою при освоении скважины).

## ***Техническое решение:***

Минимальный разрыв во времени достигается специальным пакером ПДМ – пакер двухступенчатого манжетного цементирования: ПДМ = МСЦ + пакер (резиновый элемент).

При наличии ПДМ после цементирования первой ступени уплотняющий элемент устройства перекрывает затрубное пространство. Это позволяет производить заливку второй ступени с минимальным разрывом во времени. Может применяться также заколонный изолирующий пакер,

# ПРЯМОЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ



**Комплект пакера ПДМ:**

а – пакер; б – нижняя пробка; в – верхняя пробка;

1 – верхний переводник; 2, 4, 6 – срезные штифты; 3 – верхняя подвижная втулка; 5 – нижняя подвижная втулка; 7 – средняя подвижная втулка; 8 – упорное кольцо; 9 – кольцевая полость;

10 – резиноканевый уплотнитель; 11 – корпус пакера.

## Схема двухступенчатого цементирования с пакером ПДМ:

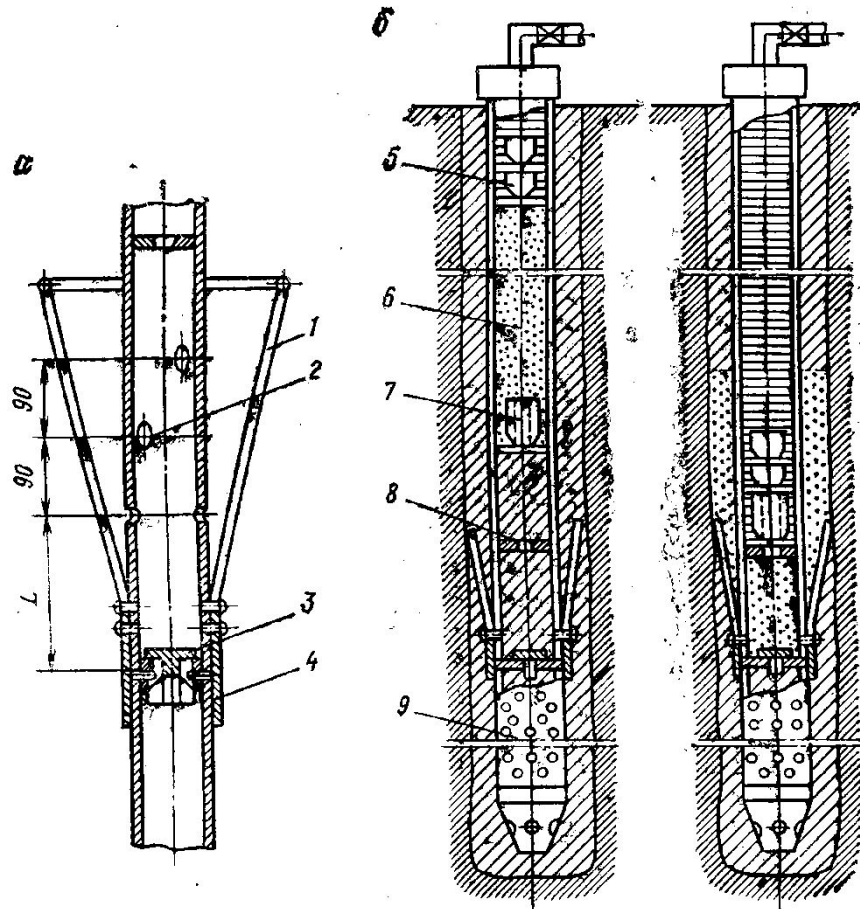
а – цементирование первой ступени; б - спуск падающей пробки; в – пакеровка;  
г – цементирование второй ступени; д – закрытие цементировочных отверстий;  
е - скважина после разбуривания внутренних элементов пакера

При цементировании первой ступени разделительная эластичная пробка свободно проходит через внутреннюю полость пакера и садится на упорное кольцо «стоп» или обратный клапан. После цементирования первой ступени сбрасывается нижняя пробка (бомба) пакера ПДМ (левый рис., позиция б), которая под собственным весом садится на нижнюю подвижную втулку 5 и при создании избыточного давления в 2,5 – 3,0 МПа после среза штифта 4 сдвигает ее вниз до упорного кольца 8. Происходит сообщение отверстий Б и В, через которые продавочная жидкость нагнетается по каналу Г в кольцевую полость 9. Уплотнительный элемент 10 раздувается и герметизирует затрубное пространство. При повышении давления до 8 – 10 МПа происходит срез штифта 6 и средняя втулка 7 вместе с нижней пробкой и нижней втулкой сдвигаются вниз.

При этом герметично закрываются отверстия В и открываются циркуляционные отверстия А. Через отверстия А в последующем происходит промывка затрубного пространства и закачивание цементного раствора второй ступени. Верхняя разделительная пробка (левый рис., позиция в), движущаяся на границе цементного раствора второй ступени и продавочного раствора, садится на седло верхней подвижной втулки 3 и после срезания штифта 2 сдвигает ее вниз, закрывая циркуляционные отверстия А.

# ПРЯМОЕ МАНЖЕТНОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

Манжетный способ цементирования применяют в тех случаях, когда необходимо предупредить загрязнение цементным раствором продуктивных горизонтов с низким пластовым давлением или избежать попадания цементного раствора в зону расположения фильтра.



**Схема манжетного цементирования:**

**1 – манжета; 2 – отверстие для цементирования;**

**3 – прямой клапан; 4 – патрубок с манжетой;**

**5 – верхняя разделительная пробка;**

**6 – цементный раствор; 7 – нижняя разделительная**

**пробка; 8 – стоп-кольцо; 9 – фильтр.**

Манжетный переводник или ПДМ по длине колонны устанавливается выше продуктивного горизонта. Первая пробка 7 садится на «стоп-кольцо» 8, соединенном с нижней втулкой цементировочной муфты, за счет роста давления сдвигает ее вниз до упора и открывает боковые отверстия 2 в корпусе муфты, через которые в заколонное пространство вытесняется тампонажный раствор 6.

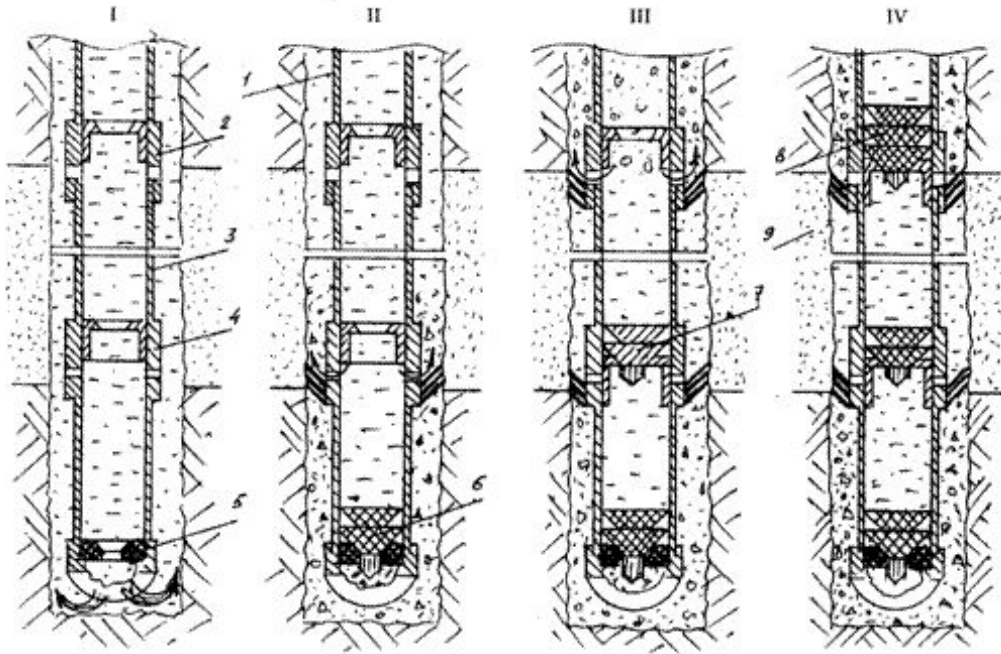
Внутри колонны ниже муфты помещают клапан 3, который перекрывает доступ в нижнюю часть колонны. При закачке цементного раствора манжета 1 раскрывается и перекрывает затрубное пространство таким образом, что раствор может проходить только в одном направлении - вверх. Манжета представляет собой своеобразную воронку, изготовленную из брезентовой ткани, высотой от шестидесяти до семидесяти сантиметров и диаметром на тридцать процентов больше диаметра скважины.

Вторая пробка 5 садится на верхнюю втулку, сдвигает ее вниз до упора в торец первой пробки и закрывает отверстия 2 в муфте. Резкий скачок давления в цементировочной головке и насосах в момент схождения пробок служит сигналом для прекращения подачи продавочной жидкости и закрытия кранов на отводах цементировочной головки.

# ПРЯМОЕ МАНЖЕТНО-СЕЛЕКТИВНОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

Селективное цементирование применяют на месторождениях с низким пластовым давлением, с сильно дренированными, подверженными гидроразрыву пластами и в случае использования технологии, предупреждающей контакт продуктивной толщи с тампонажными растворами.

При данном способе прямого цементирования интервал в зоне продуктивного пласта остается открытым за счет применения заколонных пакетирующих устройств, устанавливаемых над кровлей и под подошвой продуктивного пласта.



## **Схема компоновки низа эксплуатационной колонны и технология селективного цементирования скважины:**

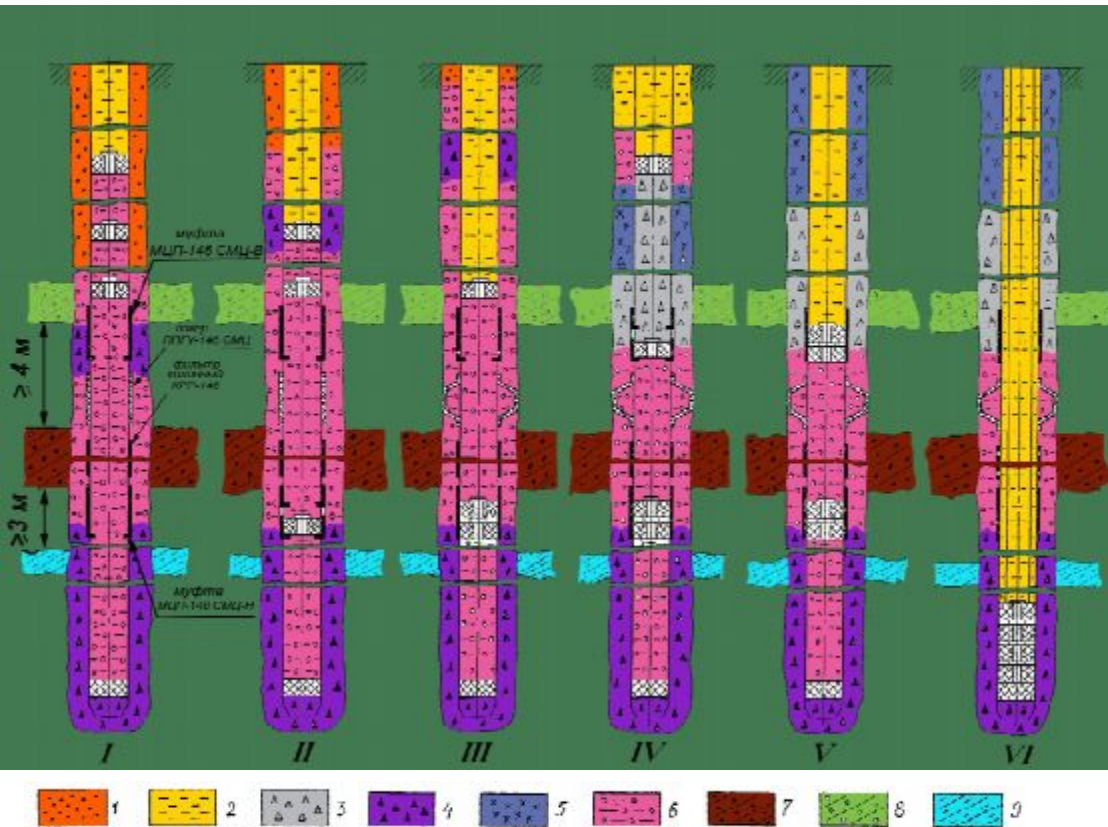
1 - эксплуатационная колонна; 2 - верхнее пакерующее устройство; 3 - фильтр;  
4 - нижнее пакерующее устройство; 5 - резиновое «стоп-кольцо»; 6, 7, 8 - нижняя, промежуточная и верхняя продавочные пробки; 9 - продуктивный пласт

I - промывка скважины перед цементированием;  
II - закачка в обсадную колонну тампонажной смеси первой ступени цементирования (с буферной жидкостью); пуск в колонну цельнорезиновой цементировочной пробки 6 путем закачки продавочной жидкости в объеме, соответствующем объему внутренней полости обсадной колонны в интервале между муфтой и обратным клапаном; установка в цементировочную головку первой специальной цементировочной пробки 7; пуск пробки 7 в колонну и дальнейшее продавливание тампонажной смеси первой ступени цементирования до посадки цельнорезиновой цементировочной пробки 6 на нижнее пакерующее устройство (получения сигнала «стоп»);

III - открытие технологического клапана цементировочной муфты заданным повышением давления в цементировочной головке, посадка в муфту первой специальной цементировочной пробки 7, открытие цементировочных окон муфты заданным повышением давления в цементировочной головке; промывка скважины через цементировочные окна муфты; установка в цементировочную головку второй специальной цементировочной пробки 8; после окончания схватывания (или достижения момента прекращения фильтратоотдачи) тампонажной смеси первой ступени цементирования затворение и закачка в обсадную колонну тампонажных смесей второй ступени цементирования (с буферной жидкостью); пуск в колонну второй специальной цементировочной пробки 8 и продавливание тампонажных смесей через цементировочные окна муфты до посадки пробки в муфту и закрытия этих окон заданным повышением давления в цементировочной головке;

IV - завершение операции цементирования.

# ПРЯМОЕ СЕЛЕКТИВНОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ



## Схема селективно-манжетного цементирования скважины с применением специальных цементировочных муфт типа МЦП и заколонного пакера типа ППГУ ОАО "Тяжпрессмаш":

- 1 - буровой раствор; 2 - продавочная жидкость;
- 3 - цементный раствор; 4 - специальная тампонажная смесь; 5 - глиноцементный раствор; 6 - буферные жидкости; 7 - продуктивный пласт; 8 - газоносный пласт;
- 9 - водоносный пласт

I - Конец цементирования скважины специальной тампонажной смесью (СТС) ниже продуктивного пласта (ниже МЦП-146 СМЦ-Н); открытие технологических отверстий МЦП-146 СМЦ-Н; срезка пачки СТС, поднятой над МЦП-146 СМЦ-Н.

II - Открытие первой спецпробкой цементировочных окон МЦП-146 СМЦ-Н; продавливание вверх срезанной пачки СТС при перемешивании ее с буферной жидкостью.

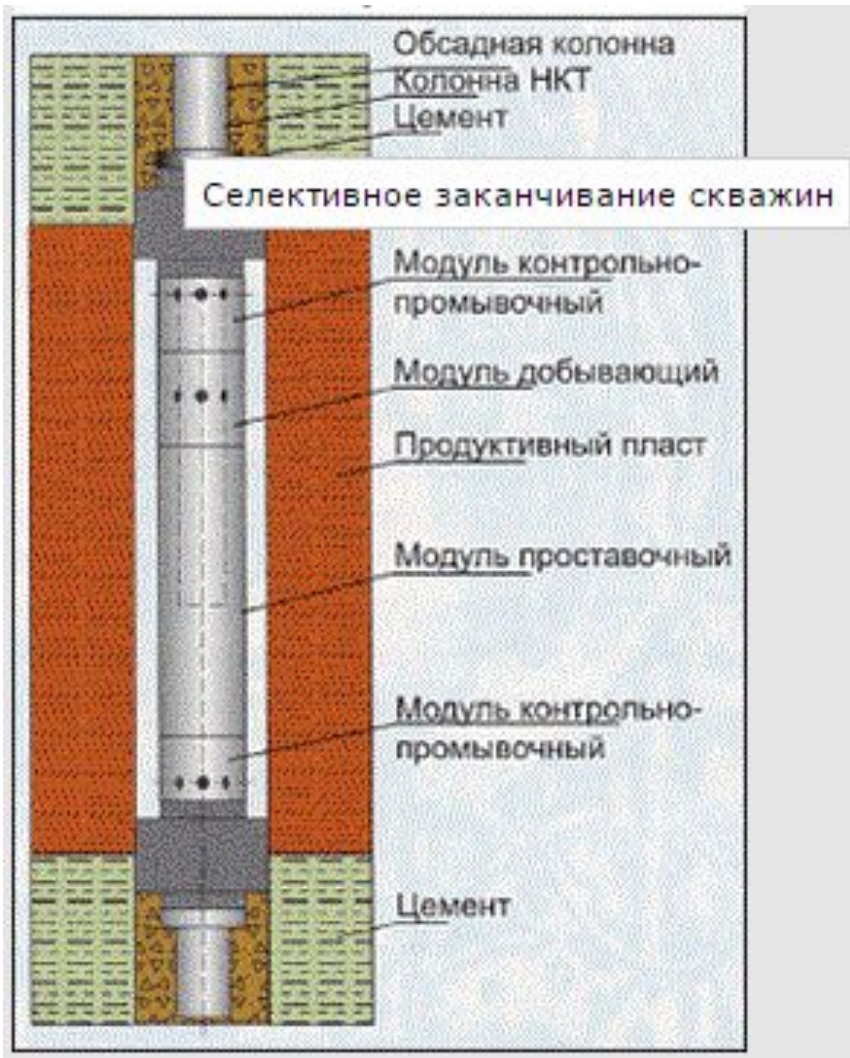
III - Закрытие второй спецпробкой цементировочных окон МЦП-146 СМЦ-Н; приведение в действие ППГУ-146 СМЦ; открытие технологических отверстий МЦП-146 СМЦ-В.

IV - Открытие третьей спецпробкой цементировочных окон МЦП-146 СМЦ-В; закачка через эти окна тампонажных растворов.

V - Закрытие четвертой спецпробкой цементировочных окон МЦП-146 СМЦ-В. VI - Проталкивание спецпробок и открытие фильтра колонного КРР-146 технологическим инструментом, установленным на колонне НКТ.



# ПРЯМОЕ СЕЛЕКТИВНОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ



**Схема установка инструмента селективного заканчивания скважин**

Главным **достоинством** инструмента селективного заканчивания скважин, производство которого налажено на заводе «РИТЭККубаньнефтемаш», является его способность надежно изолировать:

- каждый из пластов, пройденных скважиной, от контакта с цементным раствором во время цементирования скважины;
- продуктивные пласты от взаимных перетоков флюидов;
- продуктивные пласты от водяных.

Изоляция продуктивных пластов от водяных достигается установкой сверху и снизу каждого продуктивного пласта **наливных пакеров**, оснащенных байпасными проходами, благодаря которым цементный раствор при цементировании ствола скважины движется, минуя пласт. Кроме изоляции, такое решение исключает негативное воздействие на пласт давления цементирования.

ИСЗС комплектуется **золотниковыми клапанами**, обеспечивающими интеграцию или разобщение эксплуатационной колонны с пластом. При этом установка золотниковых клапанов рядом с верхним или нижним наливными пакерами дает возможность выполнять (с помощью набора специальных инструментов, спускаемых на НКТ) очистку примыкающей к скважине поверхности пласта от бурового раствора, а также обработку химреагентами не только поверхности, но и самого пласта. Промысловые испытания показали, что во многих случаях это позволяет получить приток даже из тех объектов, которые при использовании традиционных технологий заканчивания скважин не работали.

# ОБРАТНОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

## ***Область применения:***

- высока вероятность поглощения тампонажного раствора;
- на буровой площадке нельзя сосредоточить достаточное число мощных насосов для цементирования прямыми способами.

## ***Технологические и технические особенности:***

ОК спускают без обратного клапана и «стоп-кольца», а в наружной части - также, как и прямым способом, устанавливают центраторы, турбулизаторы и скребки.

Предыдущая колонна должна быть оборудована специальным герметизирующим устройством.

На колонну наворачивается цементировочная головка, а тампонажный раствор доставляется за колонну непосредственно через затрубное пространство.

При подаче ТС необходимо следить за давлением на нагнетании  $P_{\text{НАГН}} > 0$ , что достигается регулированием выхода бурового раствора из цементировочной головки.

# ОБРАТНОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

## **Достоинства:**

- давление на горные породы будет минимальным;
- возможно применять менее мощное цементировочное оборудование;
- наиболее полное замещение бурового раствора тампонажной смесью;
- сокращается время на заливку (можно применять растворы с низким временем схватывания);
- облегчается подбор состава тампонажного раствора.

## **Недостатки:**

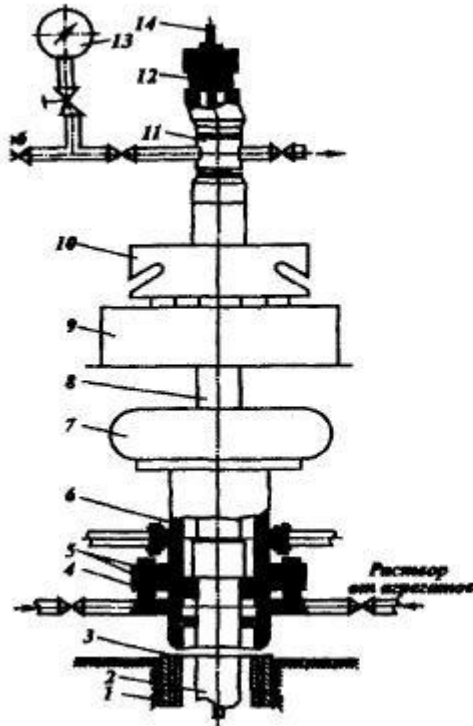
- трудно определить время окончания цементирования;
- необходимо использование герметизирующего устройства;
- худшее качество цементного камня в нижней части ствола скважины (зона смешения тампонажного раствора с вытесняемым буровым раствором).

## **Способы определения времени конца цементирования:**

1. Геофизический способ.
2. Метод меченой жидкости.
3. По объёму вытекающей жидкости (по объёму ЗП). При закачке цементного раствора необходимо учитывать кавернозность, возможность частичного поглощения цементного раствора при цементировании, сжимаемость раствора и другие факторы.

# ОБРАТНОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

## Схема контроля обратного цементирования геофизическим методом



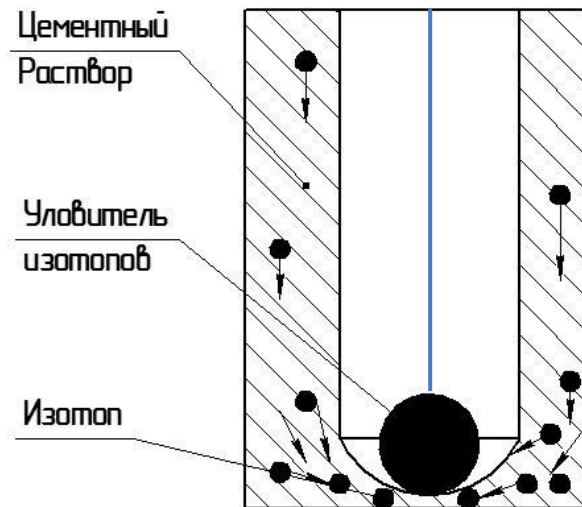
### Оборудование устья скважины при обратном цементировании:

- 1 – направление;
- 2 – эксплуатационная колонна;
- 3 – промежуточная колонна;
- 4 – нижняя колонная головка;
- 5 – уплотнительные кольца фланцевого соединения;
- 6 – крестовина превенторной сборки;
- 7 - превентор;
- 8 – бурильная колонна;
- 9 – ротор, 10 – элеватор, 11 – верхний переводник с отводами, 12 – лубрикатор, 13 – манометр, 14 – каротажный кабель

С целью определения момента входа цементного раствора в колонну используют радиоактивные изотопы, наличие которых в цементном растворе дает возможность четко фиксировать границу между буровым и тампонажным растворами.

Количество закачиваемого в затрубное пространство скважины цементного раствора контролируется прибором гамма-каротажа. Прибор спускают на каротажном кабеле 14 в колонну через лубрикатор 12 и за первой порцией цементного раствора вводят ампулу с радиоактивным изотопом через лубрикатор 12.

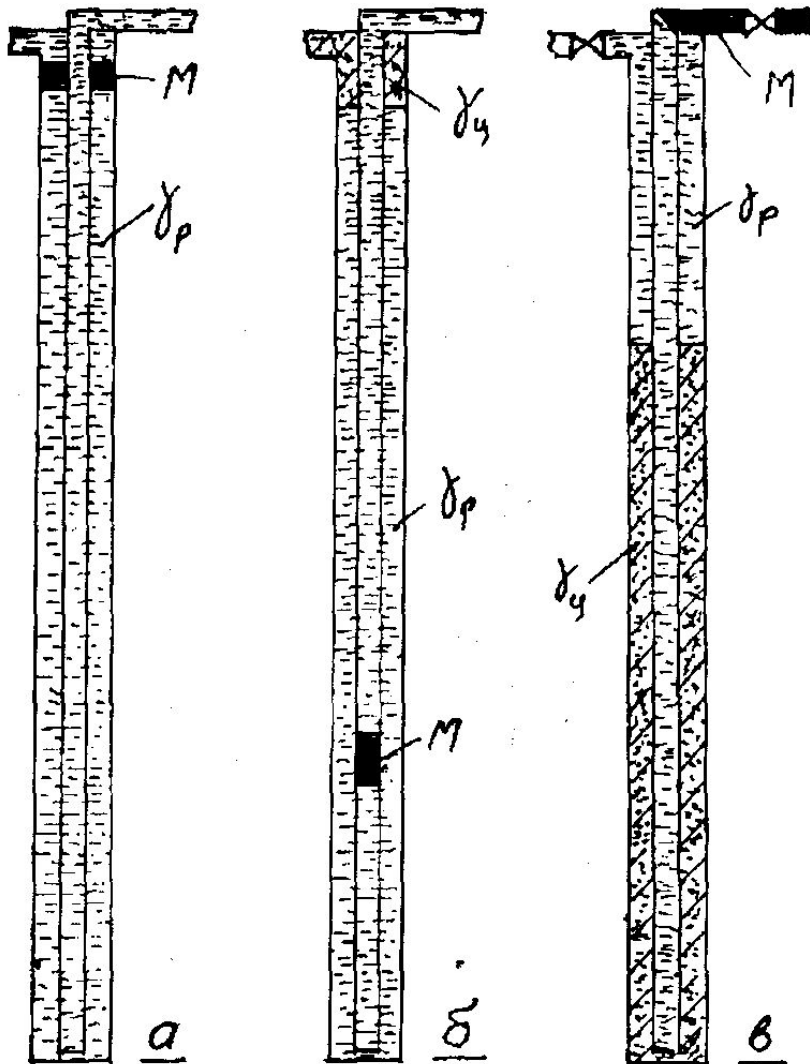
Затрубное пространство герметизируется превентором 7. Выходящий из обсадных труб буровой раствор через специальные отводы 11 направляется в желоб.



Улавливание изотопов – момент

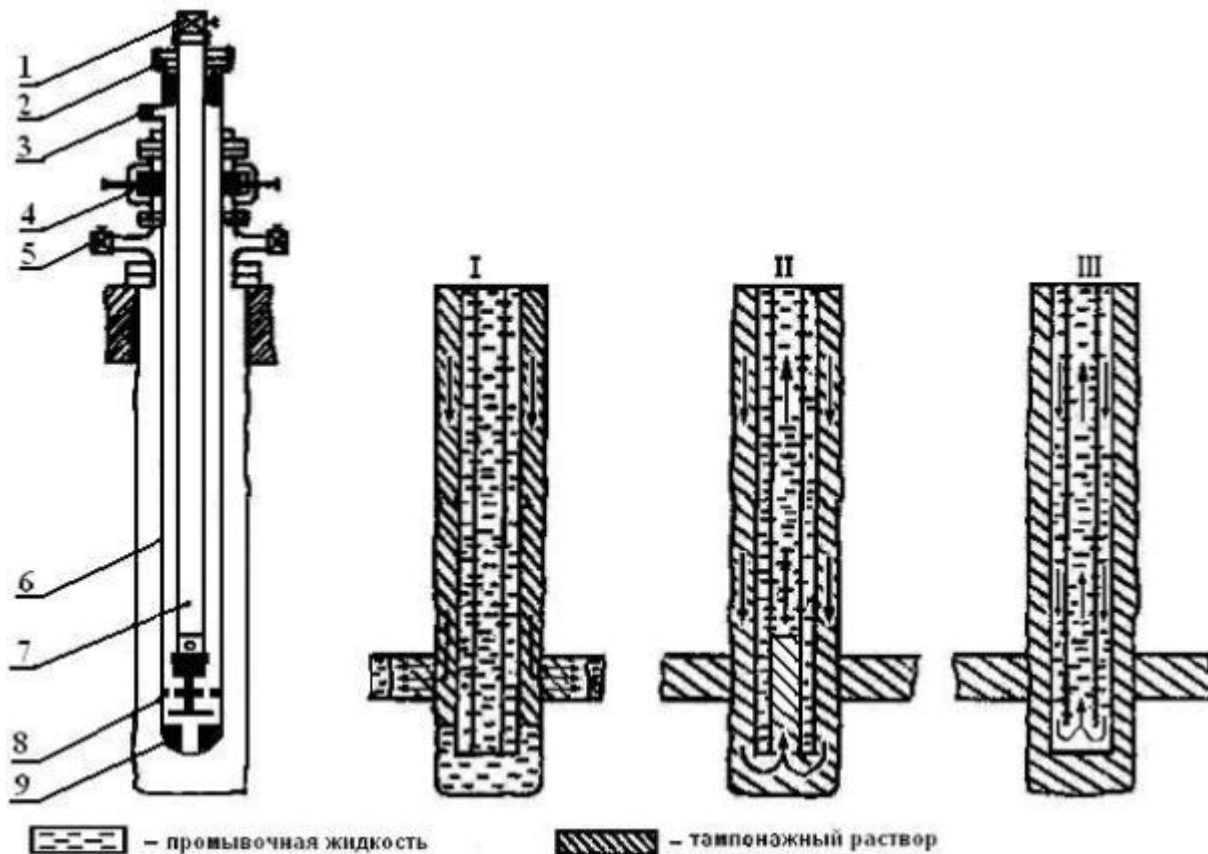
# ОБРАТНОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

Схема контроля обратного цементирования методом меченой жидкости



- а – начало подачи меченой жидкостью М вслед за буферной жидкостью в объёме, равном внутреннему нецементируемому пространству обсадной колонны;
- б - начало подачи тампонажного раствора;
- в – конец цементирования.

# ОБРАТНОЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ



## Схема обратного способа цементирования с управляемым обратным клапаном:

- I – Закачка тампонажного раствора в затрубное пространство;
  - II – продавливание первой порции тампонажного раствора в технологическую колонну;
  - III – промывка технологической колонны;
- 1 - цементирующая головка; 2 – ротор; 3 – ввод в межтрубное пространство; 4 – преვენтор; 5 – подпревенторные линии; 6 – обсадная колонна; 7 – технологическая колонна; 8 – управляемый обратный клапан; 9 – башмак

Этот способ характеризуется включением управляемого обратного клапана, который открывается и закрывается путем нагрузки или разгрузки на него технологической колонны (НКТ). Сущность метода заключается в том, что тампонажный раствор закачивается в межтрубное пространство обсадных колонн через подпревенторные выкидные линии. При движении тампонажного раствора по затрубному пространству происходит довольно значительное перемешивание его фронтальной части с вытесняемым буровым раствором. Эта перемешанная некачественная часть бурового и тампонажного раствора выдавливается через открытый обратный клапан в обсадную колонну.

После закачки расчетного объема тампонажного раствора приподнимают технологическую колонну НКТ, обратный клапан закрывается и тампонажный раствор, зашедший в обсадную или технологическую колонну, вымывается прямым или обратным способом через колонну НКТ.

# ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ ВСТРЕЧНЫМИ ПОТОКАМИ

## ***Область применения:***

Используется при наличии в разрезе в скважин проницаемых отложений с низкими градиентами пластового давления. Этот способ цементирования незаменим в тех случаях, когда имеются неизолированные зоны поглощения высокой интенсивности – более 6 м<sup>3</sup>/ч, ожидаются поглощения тампонажного раствора при перепаде, равном разности значений гидростатического давления столбов тампонажного и бурового раствора, в разрезе встречаются пласты, склонные к гидравлическому разрыву при давления, возникающих в процессе цементирования.

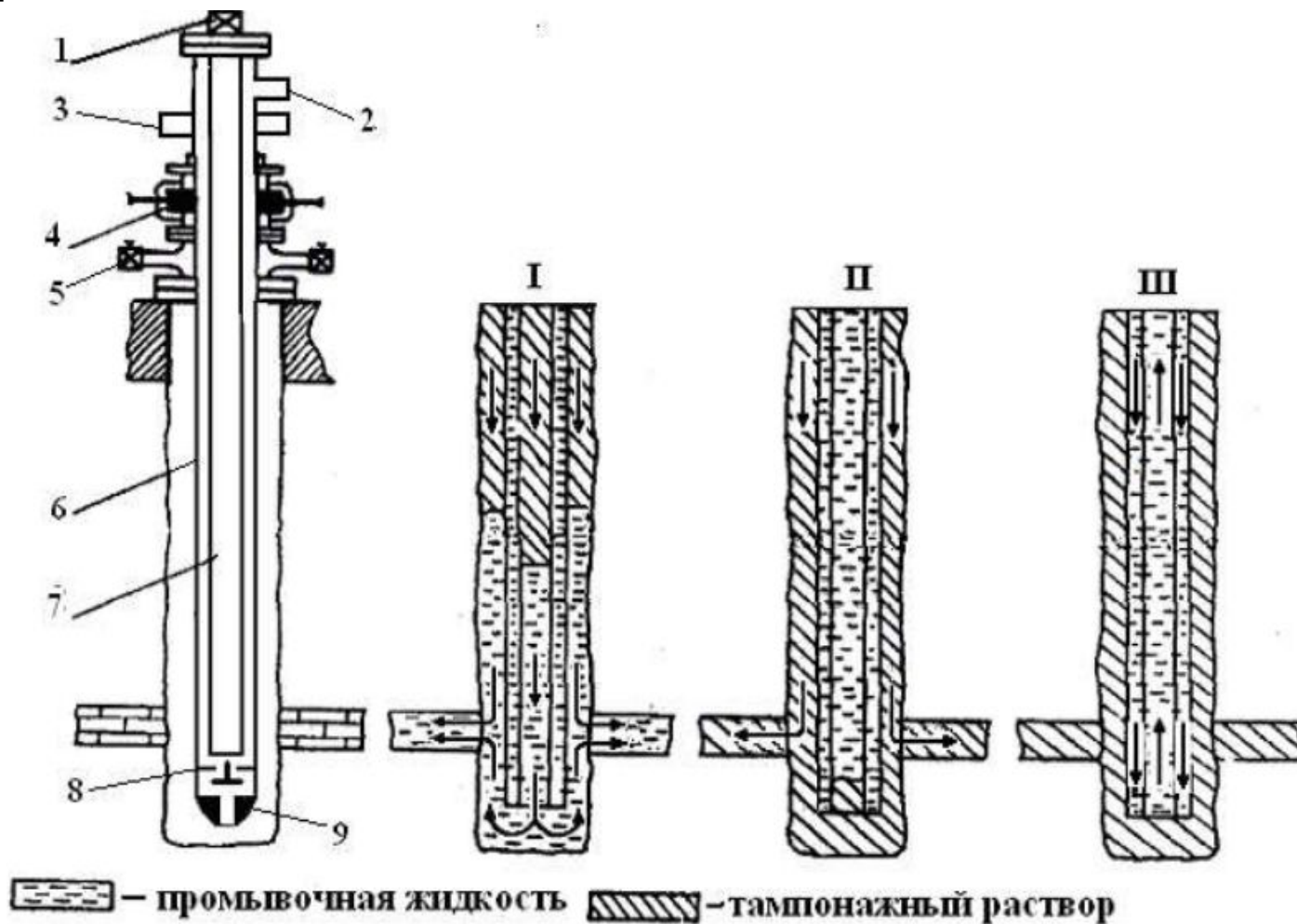
## ***Технологические и технические особенности:***

Он может осуществляться как с разрывом во времени, так и без него. При этом способе цементирования нижняя часть затрубного пространства обсадной колонны (от башмака до подошвы поглощающего пласта) заполняется тампонажным раствором через башмак колонны в том же порядке, как и при прямом одноступенчатом методе цементирования. Вторая часть тампонажного раствора для цементирования участка колонны от поглощающего пласта до устья скважины закачивается в затрубное пространство с устья. При этом буровой раствор вытесняется в поглощающий пласт. В первую порцию этой части тампонажного раствора могут вводить инертные наполнители снижающие поглощающую возможность пласта.

При осуществлении данного способа цементирования с разрывом во времени после закачки нижней порции тампонажного раствора прямым методом дают возможность ему загустеть и лишь после этого ведут закачку второй порции тампонажного раствора обратным методом.

В случае, если планируется вести процесс без разрыва во времени, порядок закачки растворов рассчитывают так, чтобы тампонажные растворы первой и второй ступени встретились в затрубном пространстве на уровне поглощающего пласта.

# ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ ВСТРЕЧНЫМИ ПОТОКАМИ

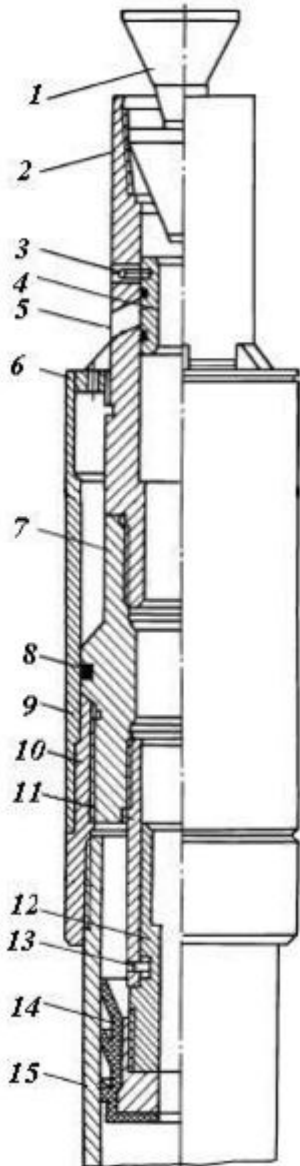


## Схема способа цементирования встречными потоками:

- I – закачка тампонажного раствора в технологическую колонну и в затрубное пространство;
- II – продавка цементного раствора в поглощающий пласт; III – промывка технологической колонны;
- 1 – цементировочная головка; 2 – ввод в межтрубное пространство; 3 – ротор; 4 – превентор;
- 5- подпревенторные линии; 6 – обсадная колонна; 7 – технологическая колонна; 8 – обратный клапан;
- 9 – башмак.



# ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ ХВОСТОВИКОВ



Спуск в скважину и цементирование хвостовиков и нижних секций обсадных колонн осуществляется с использованием бурильной колонны, которая соединяется с обсадными трубами специальным разъединителем, позволяющим производить в необходимый момент времени промывку скважины.

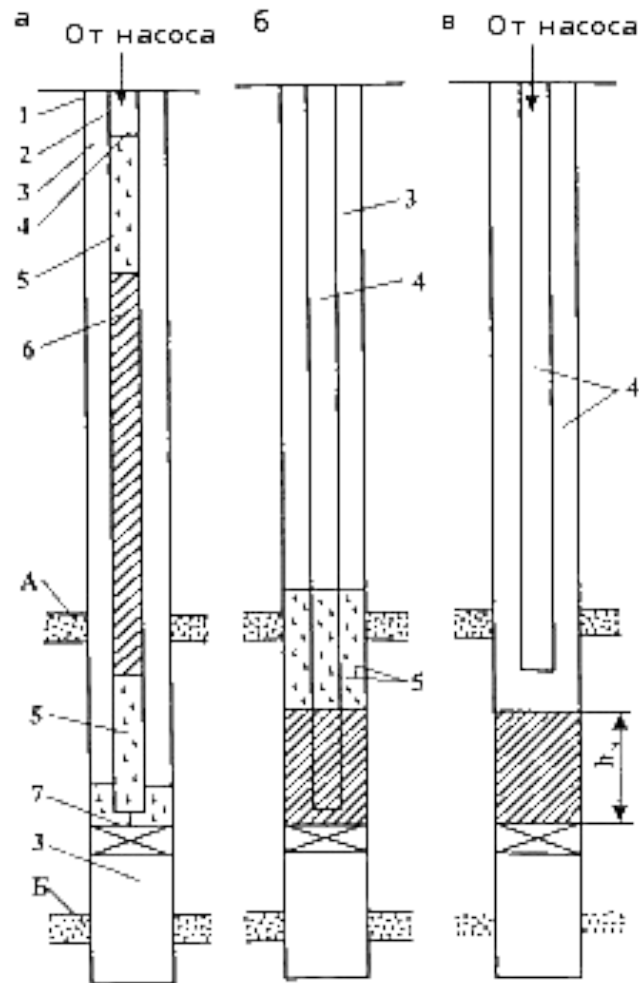
Закачка и продавка цементного раствора осуществляется прямым методом через бурильную и обсадную колонну. Для разделения тампонажного и продавочного растворов используется составная разделительная пробка. Нижняя часть пробки 14 крепится вверху хвостовика, а верхняя часть пробки движется по бурильной колонне. После сдвигания этих частей по обсадной колонне (хвостовику) уже движется составная пробка как одно целое. После посадки составной пробки на упорное кольцо или обратный клапан открывают циркуляционные отверстия 5 в разъединителе. Для этого внутри бурильной колонны сбрасывают шар, который садится на втулку 4 и после срезания штифта 3 сдвигает ее вниз. В некоторых конструкциях разъединителей циркуляционные отверстия открываются под действием импульса давления, возникающего при посадке разделительных пробок на «стоп» кольцо. Открытие циркуляционных отверстий позволяет вымыть из затрубного пространства излишки тампонажного раствора, поднявшегося выше разъединителя.

Хвостовик на ОЗЦ оставляют в подвешенном к бурильной колонне состоянии, или опирают на специальное подвесное устройство, заранее установленное в нижней части предыдущей обсадной колонны. После ОЗЦ или подвески хвостовика бурильную колонну от него отсоединяют посредством разъединителя (левая резьба 11) и извлекают из скважины.

## **Резьбовой разъединитель для подвески хвостовиков и нижних секций обсадных колонн:**

1 – верхняя эластичная пробка; 2 – удлинитель; 3, 13 – срезные штифты; 4 – запорная втулка; 5 – циркуляционные отверстия; 6 – крышка; 7 – ниппель разъединителя; 8 – манжета; 9 – раструб разъединителя; 10 – муфта разъединителя; 11 – левая резьба; 12 – седло; 14 – нижняя разделительная пробка; 15 – обсадная труба.

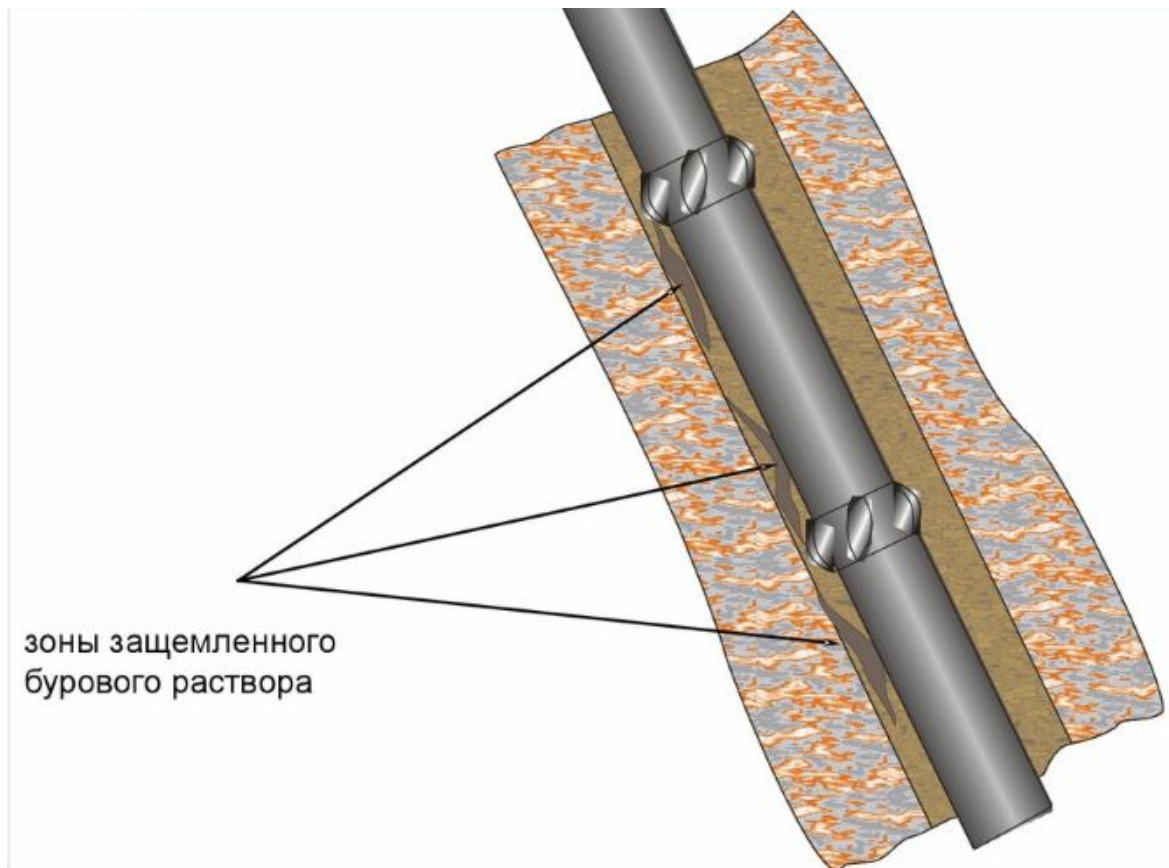
# УСТАНОВКА ЦЕМЕНТНЫХ МОСТОВ



## Схема установки цементного моста:

- а - начало закачки продажной жидкости в колонну НКТ после буферной жидкости и тампонажного раствора;  
б - конец закачки продажной жидкости; в - промывка скважины после приподнятая колонны НКТ выше кровли цементного моста;  
1 - ствол скважины; 2 - бурильная колонна; 3 - буровой раствор; 4 - продажная жидкость; 5 - буферная жидкость; 6 - цементный раствор; 7 - пакер; А и Б - продуктивные горизонты.

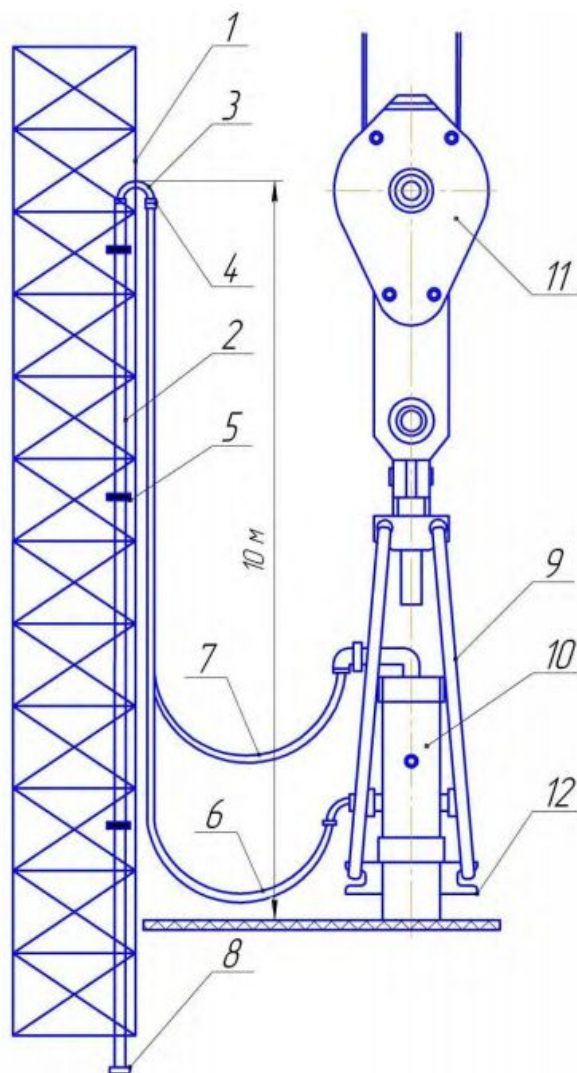
# ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ ОБСАДНЫХ КОЛОНН С ЕЕ РАСХАЖИВАНИЕМ



Вследствие неvertикальности даже «вертикальных» скважин после спуска обсадная колонна в различных местах прилегает к стенке ствола. Естественно, оборудование колонны центраторами способствует центрированию колонны, но не полностью решает эту задачу. В местах прилегания колонны к стенке образуются зоны защемленного бурового раствора. Поток движущихся буферной жидкости и тампонажного раствора, даже при турбулентном режиме течения, но действующий кратковременно, не в состоянии разрушить эти зоны и удалить находящийся в них буровой раствор. Говорить об удалении глинистой корки едва ли стоит: в зоне сближения обсадных труб с проницаемыми участками ствола скважины толщина глинистой корки значительно превосходит ее средние размеры. Если поток цементного раствора движется в структурном (или в ламинарном) режиме, то разрушение зоны защемленного бурового раствора вообще не представляется возможным.

Основной причиной положительного влияния эффекта расхаживания обсадных колонн на полноту вытеснения бурового раствора является разрушение структуры бурового раствора, находящегося в защемленных зонах, и остальной части заколонного пространства за счет возвратно-поступательного движения колонны труб, которое приводит к изменению ее положения относительно стенки скважины. А это открывает доступ потоку буферной жидкости и цементного раствора в желобные выработки и застойные зоны. Остатки бурового раствора выше цементного раствора выносятся его потоком, оставшиеся в зоне движения цементного раствора с ним перемешиваются, и вероятность оставления протяженного вдоль ствола скважины скопления бурового раствора в защемленных зонах заметно снижается или становится равной нулю (прямых экспериментов не проводилось). При этом при движении колонны вверх цементный раствор затягивается в изменяющиеся по размерам желобные выработки, вытесняя буровой раствор.

# ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ ОБСАДНЫХ КОЛОНН С ЕЕ РАСХАЖИВАНИЕМ



**Схема монтажа двух манифольдных линий на правой ноге буровой установки БУ-75:**

1 – «нога» вышки БУ-75; 2- две манифольдные линии; 3 – отвод манифольдной линии; 4 – конус уплотнения с накидной гайкой под тампонажное соединение; 5 – хомуты крепления манифольдных линий; 6 – гибкий тампонажный шланг для закачивания буферной жидкости и тампонажного раствора; 7 – гибкий тампонажный шланг для продавливания тампонажного раствора;

8 – гнездо конуса уплотнения с накидной гайкой под тампонажное соединение; 9 – удлиненные бурильные штропы;

10 – цементирующая головка; 11 – талевый блок; 12 – элеватор



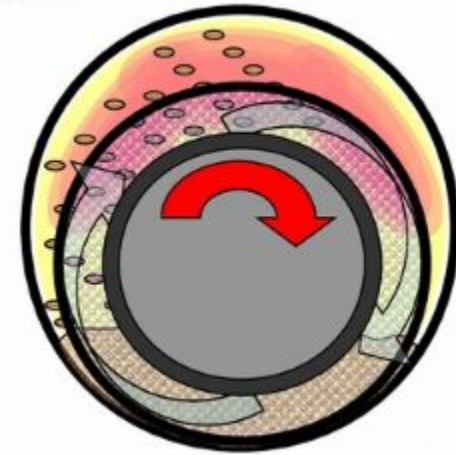
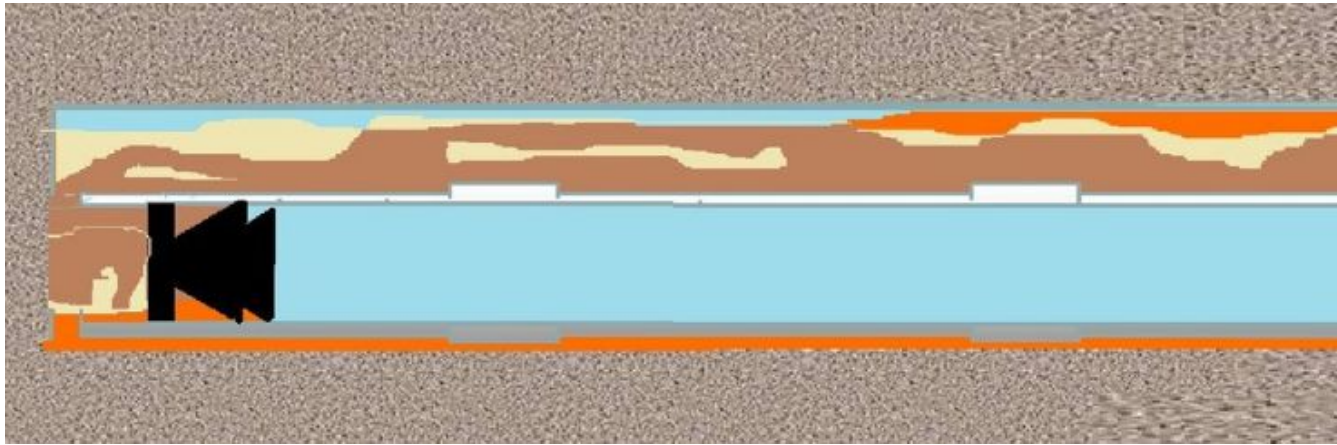
**Вид нижней части двух тампонажных стояков высокого давления**



**Вид удлиненных штропов и гибких тампонажных рукавов,**

**присоединенных к цементирующей головке**

# ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ ОБСАДНЫХ КОЛОНН С ЕЕ ВРАЩЕНИЕМ



При цементировании горизонтального ствола скважины поток буферной жидкости и тампонажного раствора протекает по верхней части, т.е. образуется «мертвая зона». Вращение обсадной колонны в процессе цементирования дает возможность поднимать буровой раствор в зону потока, что обеспечивает более

высокого тампонажного раствора. Цементировочная головка ГЦУ-РЗ для цементирования с применением верхнего привода может быть сконфигурирована для одной пробки со сбросом шара или для двух пробок со сбросом шара и подходит для спуска и цементирования всех систем хвостовиков, включая вращающиеся хвостовики.



## **Преимущества таких компоновок:**

- свободный канал, после того как сбрасываются шар или пробка;
- продавочные пробки и сбросной шар полностью изолированы от обводной линии;
- невращающийся цементировочный канал в корпусе вертлюга позволяет производить цементирование, расхаживание с одновременным вращением колонны.

# Контрольные вопросы

- Каковы основные задачи процесса цементирования скважины?
- Нарисуйте схему прямого одноступенчатого цементирования с одной и двумя пробками, опишите последовательность процесса.
- В каком случае целесообразно использовать двухступенчатое цементирование?
- Нарисуйте схему прямого двухступенчатого цементирования с разрывом во времени и без разрыва (с муфтой ПДМ), опишите последовательность процесса.
- Каковы недостатки двухступенчатого цементирования с разрывом во времени?
- Нарисуйте схему конструкции муфты ступенчатого цементирования, назовите ее основные элементы.
- Нарисуйте схему прямого манжетно-селективного цементирования, опишите последовательность процесса. Какова область применения этого способа?
- Каковы преимущества и недостатки обратного цементирования скважин? Опишите способы контроля конца продавки тампонажного раствора при этом способе.
- Нарисуйте схему цементирования встречными потоками, опишите последовательность процесса. Какова область применения этого способа?
- Нарисуйте схему установки цементного моста в скважине. Опишите последовательность операций.
- Каковы преимущества цементирования с расхаживанием обсадной колонны? Использованием каких технических средств это осуществляется?
- Каковы преимущества цементирования с вращением обсадной колонны? Использованием каких технических средств это осуществляется?