

Повышение качества цементирования

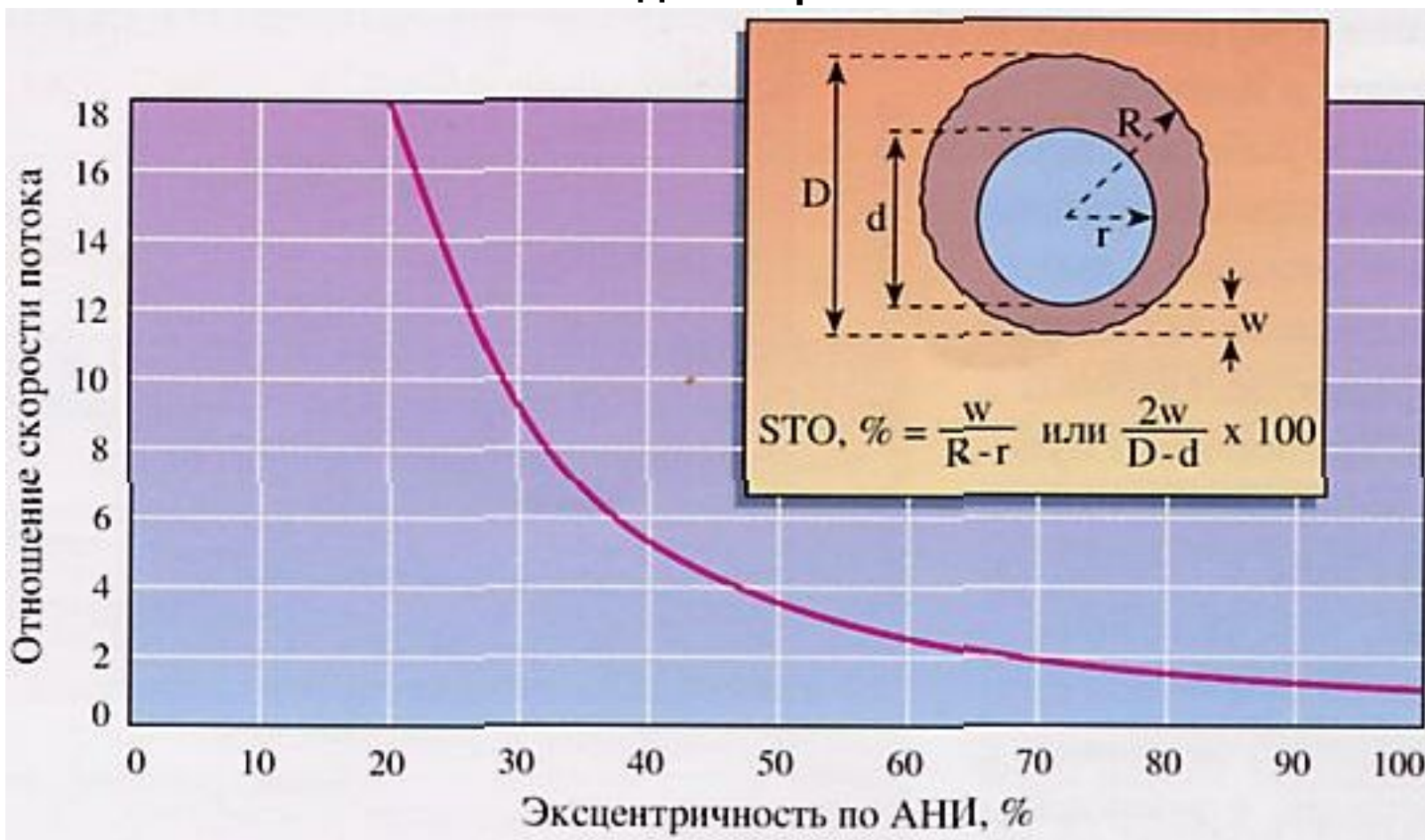
Факторы, влияющие на качество цементирования

- **Свойства цемента;**
- **Свойства цементного раствора;**
- **Свойства цементного камня;**
- **Технология цементирования;**
- **Технологические операции после цементирования;**
- **Заполнение затрубного пространства скважин тампонажным раствором;**
- **Сцепления цементного камня с обсадной колонной и породой;**

Заполнение затрубного пространства

- **положение обсадной колонны в скважине (эксцентриситет);**
- **состояние обсадной колонны при течении тампонажного раствора;**
- **режим течения цементного раствора;**
- **технологическая оснастка обсадной колонны;**
- **вид буферных жидкостей;**
- **объем буферных жидкостей;**
- **нижняя разделительная пробки при цементировании.**

Корректировка скорости турбулентного потока и зависимости от эксцентricности обсадной колонны в скважине. Критическая скорость потока, необходимая для получения полной турбулентности вокруг зазора между обсадной колонной и стволом, удваивается с уменьшением эксцентricности (STO) с 100 до 70%, а если эксцентricность падает до 30%, то эта величина становится больше почти в десять раз



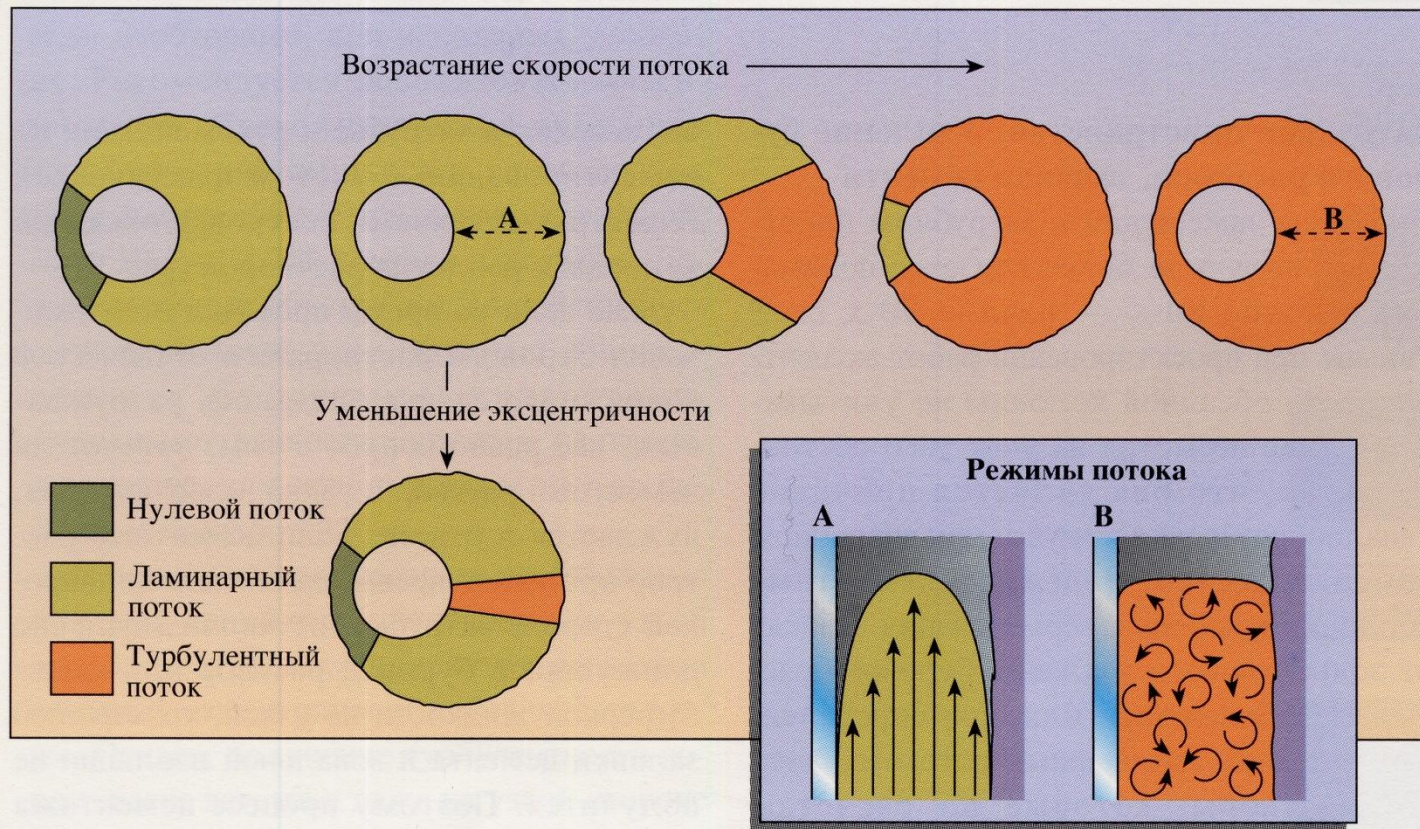
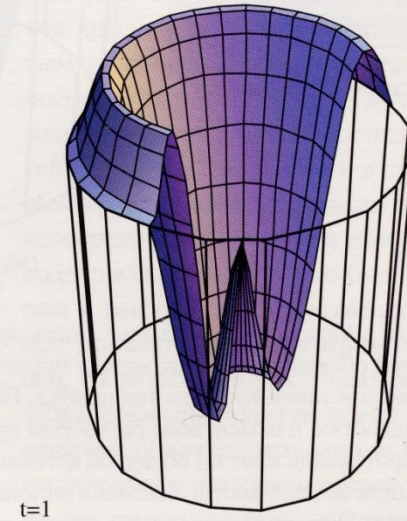
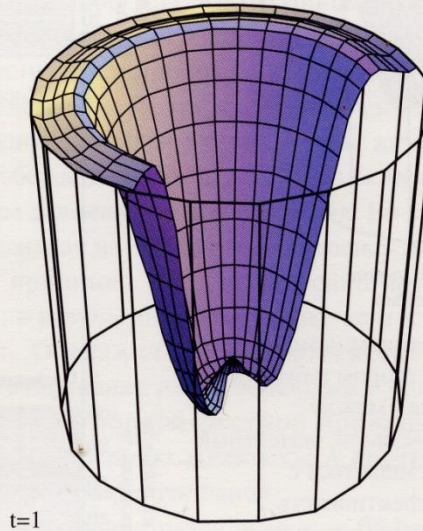
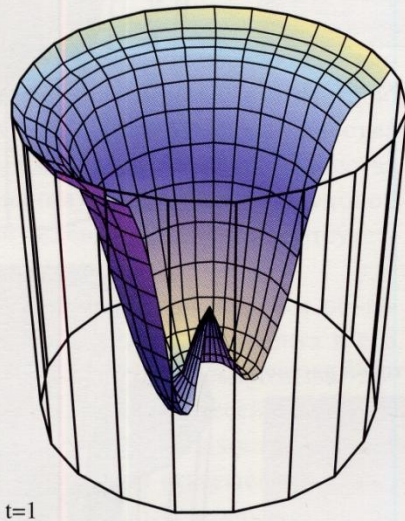
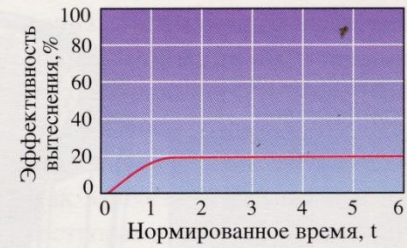
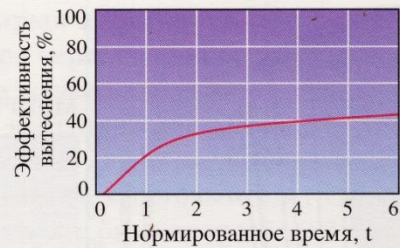
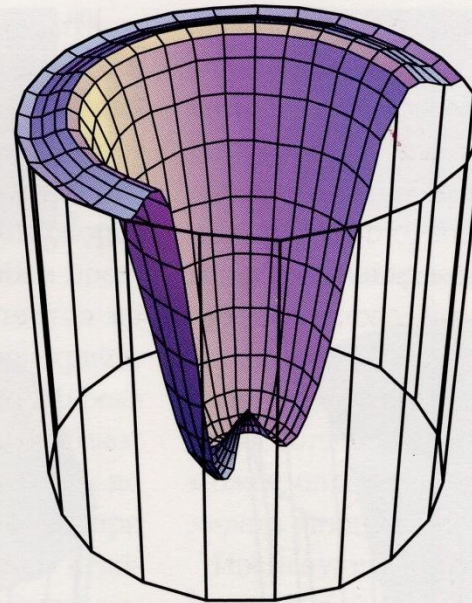
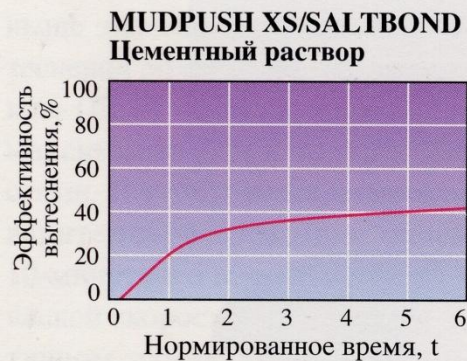


Рис. 7. Режимы потока в затрубье. Растворы, которые по расчетам находятся в турбулентном растворе при допущении идеальной центровки обсадной колонны, турбулентны, как сейчас считается, лишь в части затрубного пространства. Вообще, три режима потока — нулевой, ламинарный и турбулентный — могут сосуществовать в затрубье, что означает, что буровой раствор можно эффективно удалять на широкой стороне в то время, когда на узкой стороне статичный буровой раствор приводит к каналообразованию. В интервале между нулевым потоком на узкой стороне и полным турбулентным потоком вокруг затрубья удаление бурового раствора может оказаться плохим, если не подготовить должным образом проект вытеснения в ламинарном потоке.



Увеличение диаметра обсадной колонны или дифференциала давления между растворами →

Рис. 17. Эффективность вытеснения (вверху) и формы границы раздела между растворами, когда передний край достигает конца трубы (внизу). В зависимости от свойств раствора, диаметра трубы (проволочная рамка) и скорости потока граница раздела между растворными стадиями может быть устойчивой и приближаться к форме параболы (слева). Здесь может быть область, где более легкий нижний раствор статичен, а более тяжелый верхний течет вниз через середину трубы по внутренней параболе (в середине). Или же может быть область, где более лёгкий раствор течет вверх против первоначального направления потока вниз (справа).

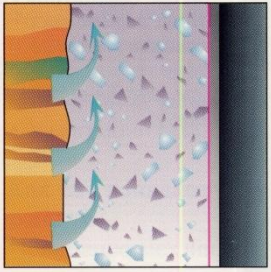


Обсадная колонна
9-5/8 дюйма

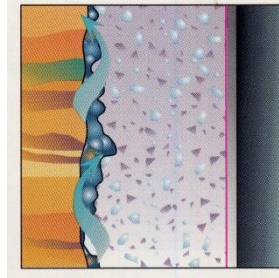
Рис. 18. Случай в Мексиканском заливе. Здесь при первичном цементатже промежуточной обсадной колонны между буровым раствором и буферной жидкостью была установлена нижняя пробка. Поскольку между буферной жидкостью и цементным раствором пробки не было, цементный раствор при протекании вниз по обсадной колонне мог смешаться с буферным. Когда цемент достиг башмака колонны, эффективность вытеснения здесь составила менее 50%. Форма границы раздела подчеркивает серьезность проблемы. Здесь имеется область, где вообще нет потока буферной жидкости по внутреннему диаметру трубы при протекании цементного раствора через центр вниз. На данном графике принимается отсутствие перемешивания на границе раздела, но в реальности существует высокая степень вероятности перемешивания двух растворов на границе раздела.

Причины ухудшения сцепления цементного камня с колонной и горной породой

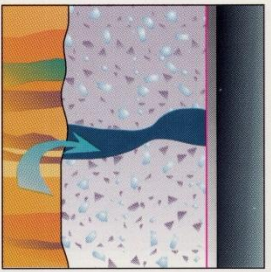
- усадка цементного камня при твердении;**
- наличие пленки бурового раствора или полимера на стенках обсадной колонны;**
- наличие глинистой корки на стенках скважины.**
- технологические операции в обсадной колонне.**



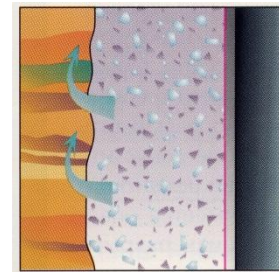
Неправильно подобранная плотность может привести к нарушению гидростатического равновесия



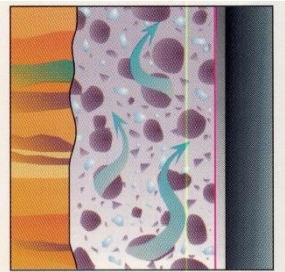
Некачественное удаление бурового раствора или корки оставляет каналы



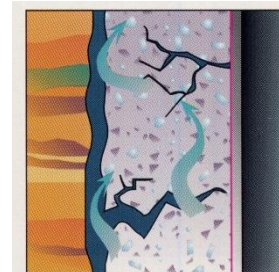
Преждевременное загустевание ведет к потере гидростатического давления



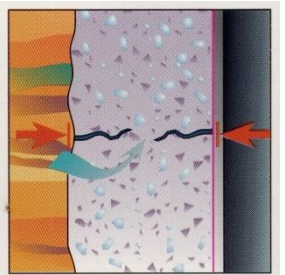
Чрезмерная водоотдача создает свободное пространство в столбе цементного раствора, в которое проходит газ



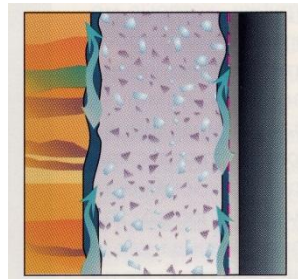
Высокопроницаемый цементный камень имеет плохие изоляционные свойства



Большая объемная усадка цемента ведет к увеличению пористости и напряжений в цементном кольце



Цементный камень плохо сопротивляется ударным нагрузкам



Плохое сцепление цемента может вызвать нарушения на границах раздела

Буферные жидкости

Назначение:

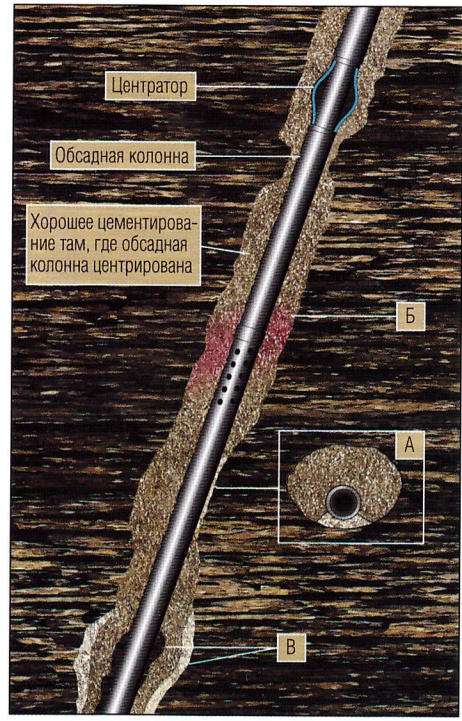
- разделение бурового и тампонажного растворов;
- удаление рыхлой части корки и пленки бурового раствора;
- повышение степени вытеснения бурового раствора из ствола скважины;
- снижение гидродинамического давления по стволу скважины.

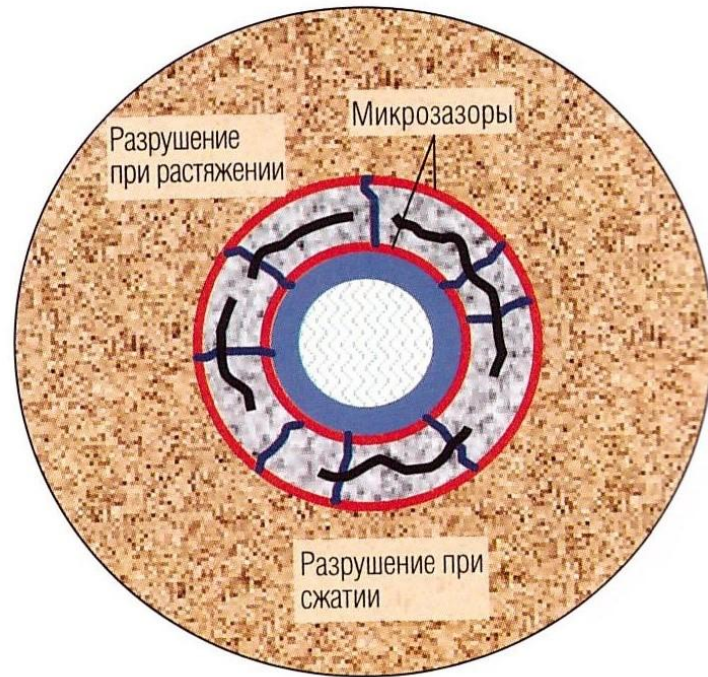
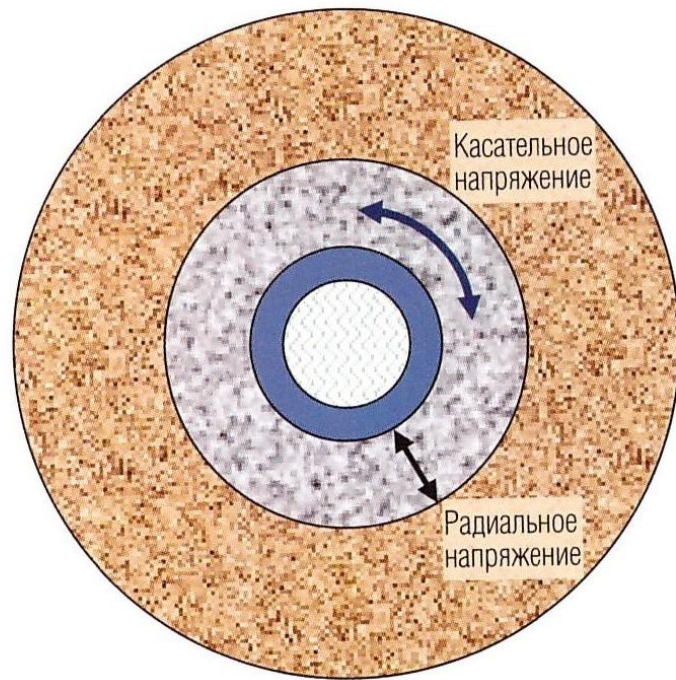
Требования:

- плотность, недопущение проявлений или поглощений;
- наличие структурных свойств;
- совместимость с контактирующими жидкостями;
- отсутствие воздействия на коллектор и горные породы;
- наличие отмывающих свойств;
- упрочнение фильтрационной корки;
- оптимальная реология;
- устойчивость к отрицательным температурам.

Влияние буферной жидкости на сцепление цементного камня

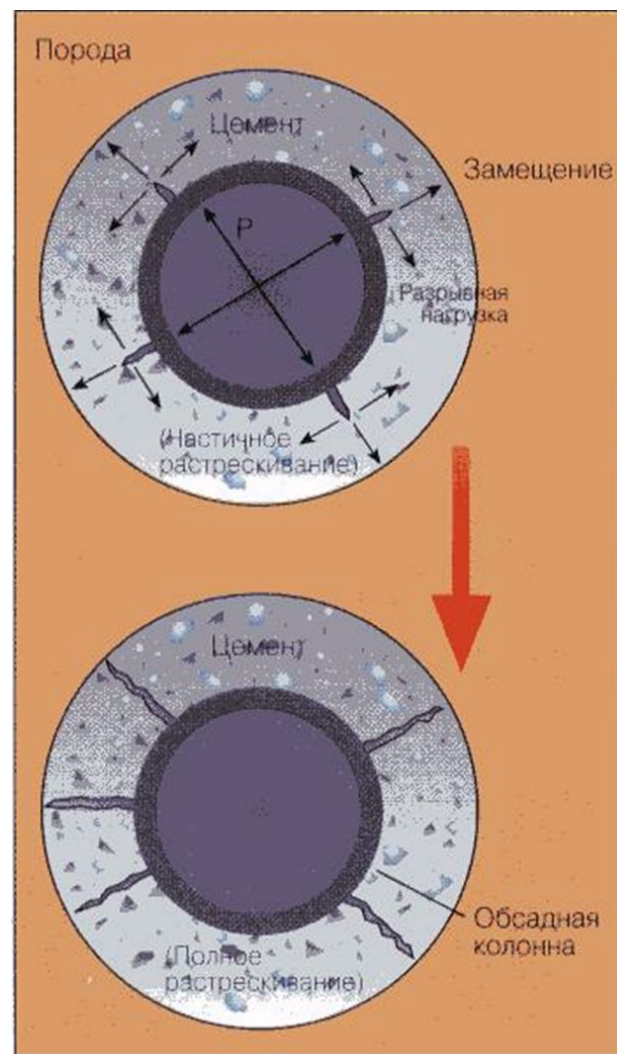
Состояние поверхности	Время контакта, мин				Сцепление, Н/мм ²
	Вязко-упруг.	Отмыв.	Вязко-упруг.	Абраз. укреп.	
Глинистая корка	-	-	1	3	59,8
	1	3	1	3	88,8
Глинистая плёнка	-	-	1	-	105,2
	-	-	1	3	234,7
Полимер. корка	1	3	1	3	21,7
Полимер. плёнка	1	3	1	3	181,8



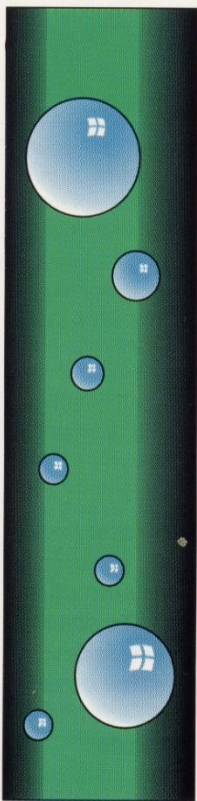


Повышение ударостойкости цементного камня:

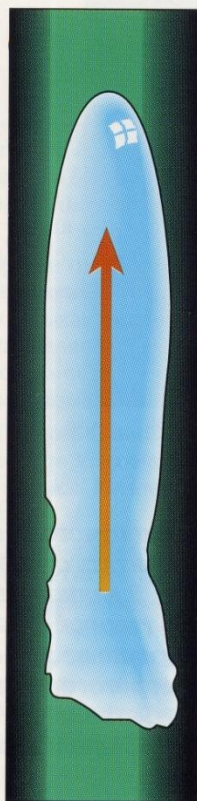
- 1) Снижение водоцементного отношения;
- 2) Добавление армирующих добавок:
 - Базальтовая фибра;
 - Асбест;
 - Стеклолит, и др.
- 3) Применение полимерцементов
- 3) Увеличение трещиностойкости облегченных тампонажных материалов:
 - Добавление армирующих добавок,
 - Добавление микросфер;



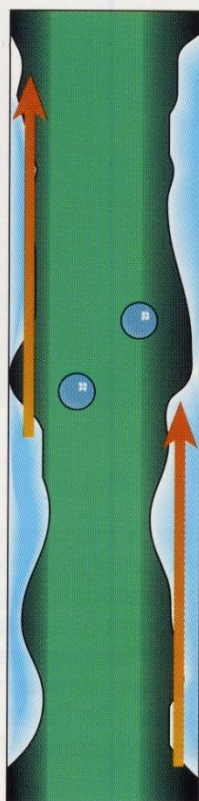
Пузырьковое течение



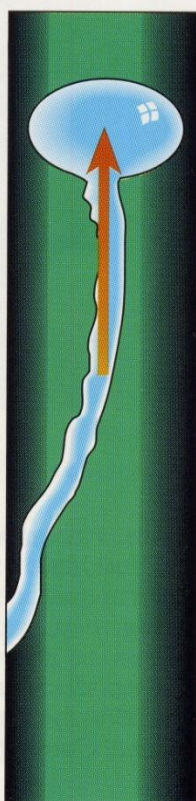
Снарядное течение



Течение по границам раздела сред



Поднимающийся сфероид



цементный раствор он может принимать форму сфероида (рис. 3).

Рис. 3. Миграция газа в вязко-упругой жидкости. Помимо пузырькового потока, газ может протекать через цемент различными способами. Он может подниматься в форме снарядов (это видно на примере экспериментов, проведенных в Исследовательском центре Шлюмберже в Кембридже), протекать по каналам вдоль границ раздела цемент/порода и цемент/обсадная колонна или в форме поднимающихся сфероидов, где почти сферическая камера соединяется с пластом через «пуповину».

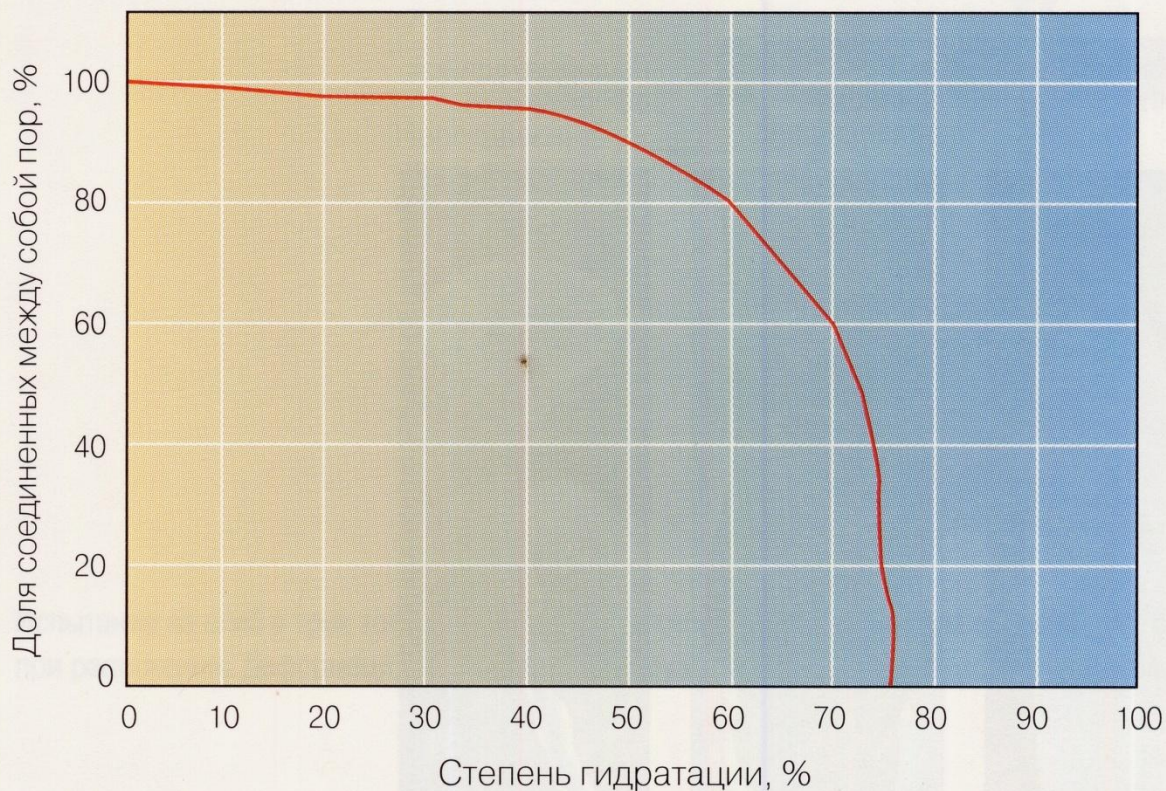


Рис. 4. Взаимосвязанные поры в зависимости от гидратации цементного раствора при водоцементном факторе 0,45. С помощью этой кривой можно рассчитать степень гидратации, необходимую для получения прерывистости капиллярных пор. В данном случае было обнаружено, что для получения прерывистости необходимо 82% твердой фракции. Твердая фракция такого уровня обычно не получается пока цемент хорошо не затвердеет. Таким образом, почти на всех стадиях схватывания цемента внутри порового пространства остаются соединенные между собой пути прохода. [По Bentz PВ и Garboczi E]: "Percolation of Phases in a Three-Dimensional Cement Microstructural Model," *Cement and Concrete Research* 21 (1991):325-344].

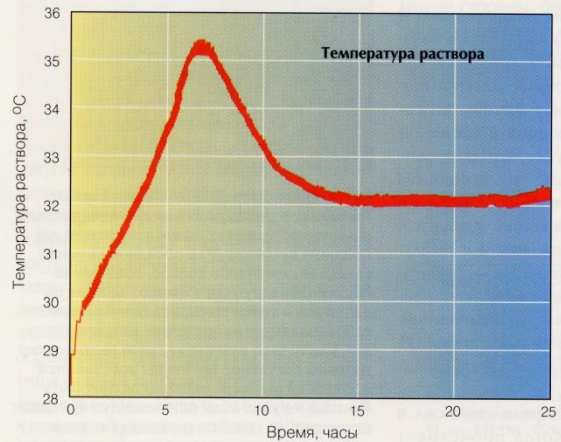
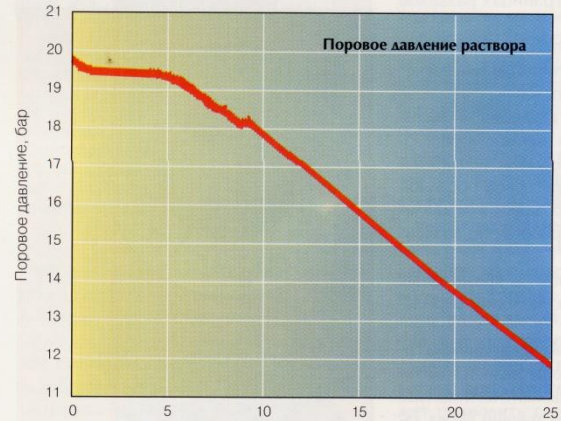
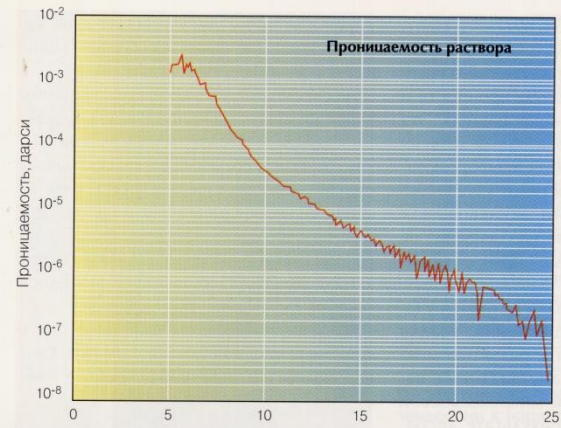


Рис. 5. Изменения в проницаемости раствора, поровом давлении и температуре относительно времени гидратации. На этих графиках видно, что когда поровое давление начинает стремительно падать, поровая структура продолжает оставаться в состоянии взаимосвязанности. В этом растворе (Диккерхоф, класс G плюс 1% хлористого кальция) поровое давление начинает падать спустя почти 5 часов как раз перед достижением пиковой температуры гидратации. Когда поровое давление цемента падает ниже давления пластового газа, появляется возможность того, что проницаемость цемента будет оставаться в пределах миллидарси, что может вызвать потенциально значительное течение газа в форме микропросачивания.

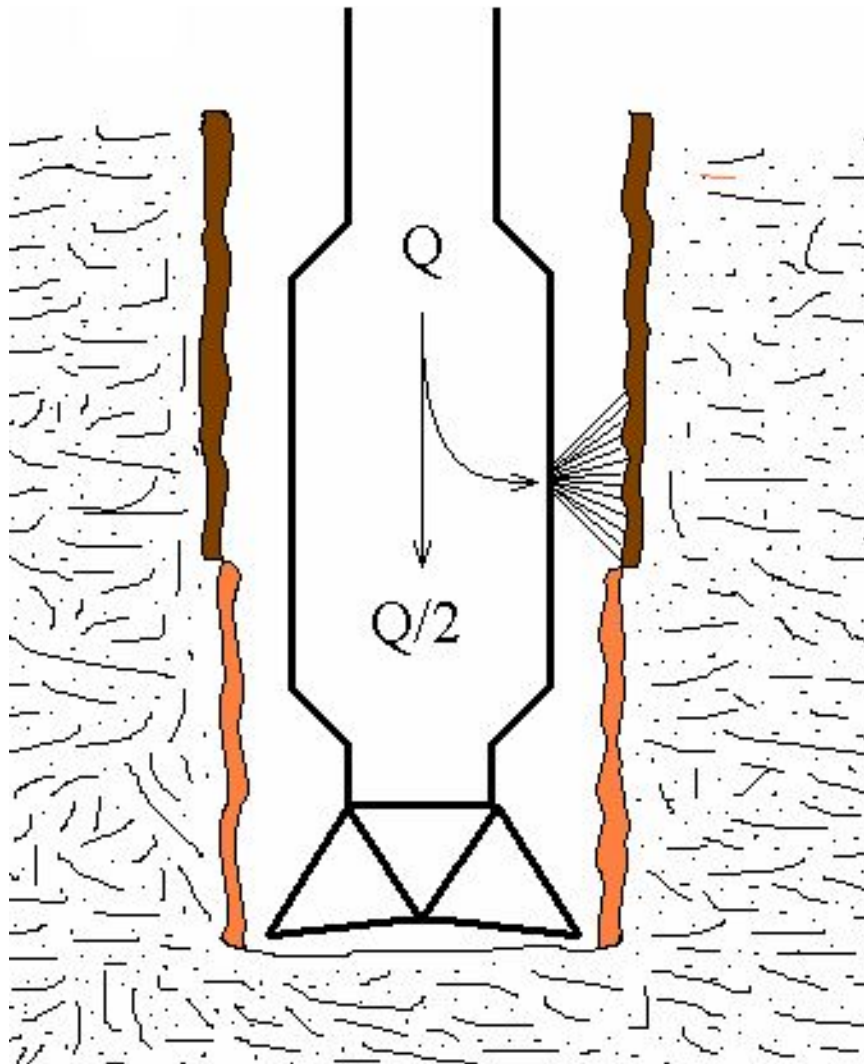
Метод гидродинамической обработки (кольматации)

Способ кольматации был разработан в УНИ кафедрой бурения нефтяных и газовых скважин в 1980 г.

Обработка стенок скважины высокоскоростными струями глинистого раствора решает основные задачи:

- мгновенное закупоривание пор и каналов горной породы твердой глинистой фазой бурового раствора**
- создание низкопроницаемого экрана в скелете пород коллекторов любого типа**

Последовательность процесса гидродинамической обработки



**Кольматация
проводится двумя
пересекающимися под
углом 90° струями
глинистого раствора**

- **удаление рыхлой глинистой корки;**
- **заполнение пор и каналов кольматантом;**
- **уплотнение кольматационного слоя**