

## АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ И ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ РАСШИРЕНИЯ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ. РАЗРАБОТКА ТАМПОНАЖНЫХ СОСТАВОВ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ РАСШИРЕНИЯ

И.А. Рудов

Научный руководитель профессор Ю.Л. Боярко

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

**Аннотация.** Работа посвящена изучению расширяющих свойств цементного камня. Изучены результаты исследований тампонажных материалов, обладающих расширяющими свойствами. Рассмотрены рецептуры, предлагаемые различными производителями и обладающие различной кинематикой действия. Сформулирован перечень требований к расширяющимся тампонажным материалам.

**Abstract.** The work is devoted to studying the properties of expanding cement stone. We examine the results of research of grouting materials with expandable properties. We consider the formulation offered by different manufacturers and having different kinematics action. Formulated a list of requirements to grouting materials with expandable properties.

Одной из самых важных задач при строительстве скважины, от решения которой зависит вся дальнейшая ее эксплуатация, является надежное разделение продуктивных и водоносных горизонтов. Технология цементирования обсадных колонн с применением расширяющихся тампонажных материалов (РТМ) предназначена для предупреждения возникновения межпластовых перетоков и заколонных газопроявлений при заканчивании, освоении и эксплуатации нефтегазовых скважин на месторождениях с горно-геологическими условиями, где применение стандартных материалов и технологических приемов цементирования не обеспечивает надежную изоляцию нефтяных, газовых и водоносных пластов. Согласно статистике, в последние годы нефтяные компании стали часто прибегать к использованию расширяющихся тампонажных материалов для увеличения надежности крепления нефтяных и газовых скважин. Идея использования РТМ зародилась и начала активно разрабатываться еще с 70-х годов прошлого века. Первооткрывателями в получении данных материалов были строители, которые опередили нефтяников на двадцать лет. Они разработали большое количество рецептов расширяющихся и напрягающихся цементов. Но в тот период времени РТМ не получили широкого распространения [1,2].

Технология получения любого расширяющегося материала достаточно проста. Внутри образующейся структуры цементного камня образуется соединение, имеющее объем больше первоначального. В результате увеличения объема расширяющей добавки происходит раздвижка кристаллов твердеющего цемента, выражающаяся в увеличении его объема [7].

Необходимо учитывать, что одним из главных факторов является согласования кинетики гидратации расширяющей добавки и кинетики гидратации базового цемента.

Можно найти источники, в которых отображены сведения о получении РТМ с различными значениями величин расширения, например, цемента с расширением 15%. Также можно встретить большое количество публикаций с описанием цементов с расширением 7–8%. Однако эти публикации, как правило, не содержат данных о методике проведения исследования и кинетике расширения. В общем случае между пределами прочности цементного камня при сжатии, изгибе и растяжении можно ввести следующее соотношение: 100:10:1. Исходя из этого, можно сделать вывод, что

цементный камень приблизительно в сто раз лучше сопротивляется сжимающим напряжениям по сравнению с растягивающими [7].

Следует отметить, что вероятность разрушения цементного камня находится в прямопропорциональной зависимости от величины расширения (в условиях свободного расширения). Таким образом, необходимо, чтобы расширение, создавая небольшое внутреннее напряжение, неспособное разрушить цементный камень, обеспечивало плотный контакт. Также необходимо чтобы микротрещины, образовавшиеся в камне, могли быть залечены во время продолжающейся гидратации цемента.

Исходя из исследований, был сделан вывод о том, что расширение 1,5–2,5% является наиболее оптимальным для расширяющихся тампонажных цементов. Однако в последнее время появилась необходимость в разработке тампонажных составов с высокой степенью расширения, способных при этом создавать небольшие внутренние напряжения, неспособные разрушить цементный камень.

В СПГИ (ТУ) разрабатываются составы, обладающие большим объёмным расширением на основе обычных портландцементов с расширяющимися полимерными добавками (РПД) [4].

Основным недостатком РПД является его высокая интенсивность расширения в пресной воде, а значит главная цель – найти эффективный способ регулирования скорости увеличения объема [3]. Технологическое регулирование скоростей увеличения объема напрямую связано со способностью регулировать интенсивность расширения системы под действием сил, инициирующих эти процессы [6]. Таким образом, получение раствора с высокой концентрацией РПД невозможно без использования специальных добавок, способных регулировать интенсивность расширения в пресной воде. В качестве добавок было предложено использовать различные гидрофобизирующие жидкости (ГФЖ). В результате экспериментальных исследований было установлено, что наибольшей эффективностью при решении поставленной задачи обладает ГФЖ на основе метилсиликонатов натрия.

Интенсивность расширения РПД в гидрофобизирующей жидкости изучалась путём визуального наблюдения и замеров текущих линейных размеров частиц под микроскопом. Результаты экспериментов представлены на рис. 1.

Из рисунка 1 видно, что при концентрации ГФЖ в пределах 16–20 % скорость расширения полимерцементной смеси можно целенаправленно регулировать, в широком диапазоне, применительно к технологическому регламенту цементирования конкретной обсадной колонны.

Так при увеличении концентрации ГФЖ в жидкости затворения интенсивность расширения частицы РПД заметно снижается и возникает возможность прокачивания тампонажной смеси по колонне обсадных труб до необходимой глубины.

Тампонажная система «Цементный раствор-РПД-ГФЖ» характеризуется определённым внутренним давлением водопоглощения. Чем большее давление при равной концентрации развивает рассматриваемая водополимерная система, тем активнее полимер способен поглощать воду.

Главный фактор, определяющий эффективность смеси - увеличение её объёма, происходящее во время процесса твердения. Увеличение объёма тампонажной смеси на основе портландцемента с добавлением РПД замерялось при помощи введения в готовую тампонажную смесь (при затворении которой использовалась вода с 20% ГФЖ) 0,5%-2,5% расширяющихся полимерных добавок. После чего, полученную смесь помещали в специальный прибор, измеряющий увеличение объема. Списание показаний происходило через определенные временные промежутки (рис.2).

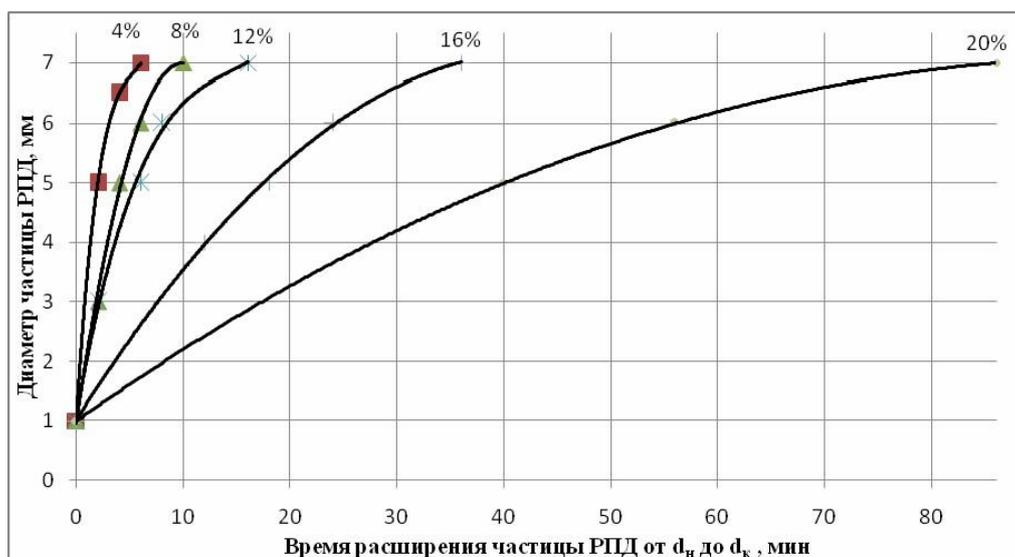


Рис. 1. Динамика изменения линейного размера частицы РПД во времени при различных концентрациях ГФЖ в жидкости затвердения [6]

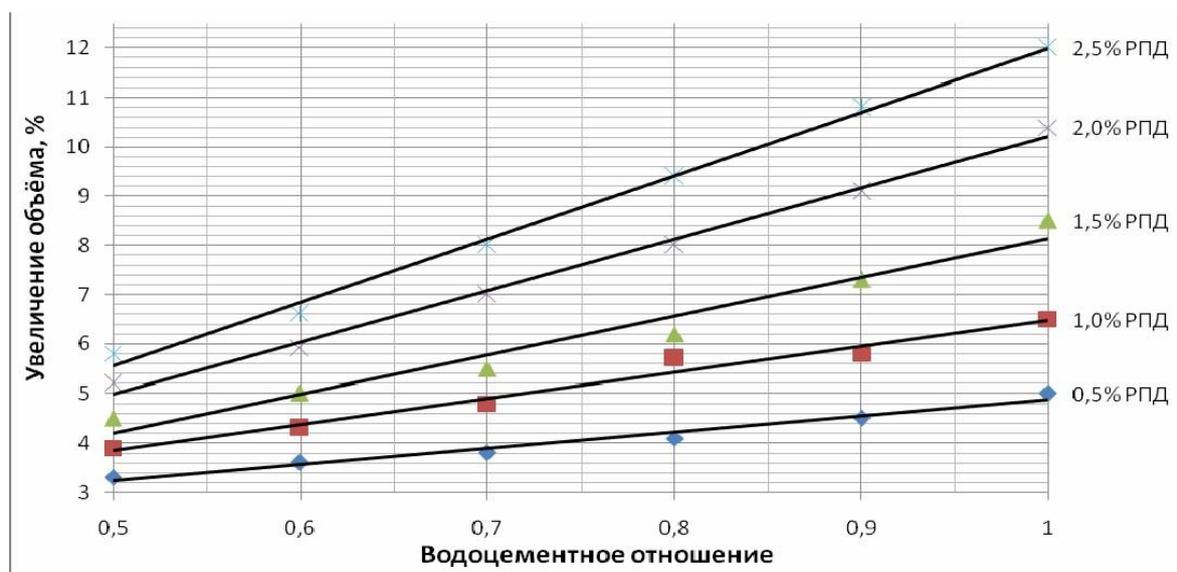


Рис. 2. Увеличение объёма тампонажной смеси на основе портландцемента с добавлением РПД [6]

Из графиков, изображенных на рисунке 2 можно отметить, что увеличение объёма смеси на основе портландцемента с добавлением РПД способно достигать 12%. Полученная смесь способна изолировать поглощающий пласт в процессе тампонирувания.

Для определения влияния РПД на прочностные характеристики цементного камня исследовалась тампонажная смесь с содержанием РПД 0% – 2,5% при различном водоцементном отношении. На рисунке 3 и 4 представлена динамика изменения прочностных характеристик тампонажной смеси через 7 суток после затвердения.

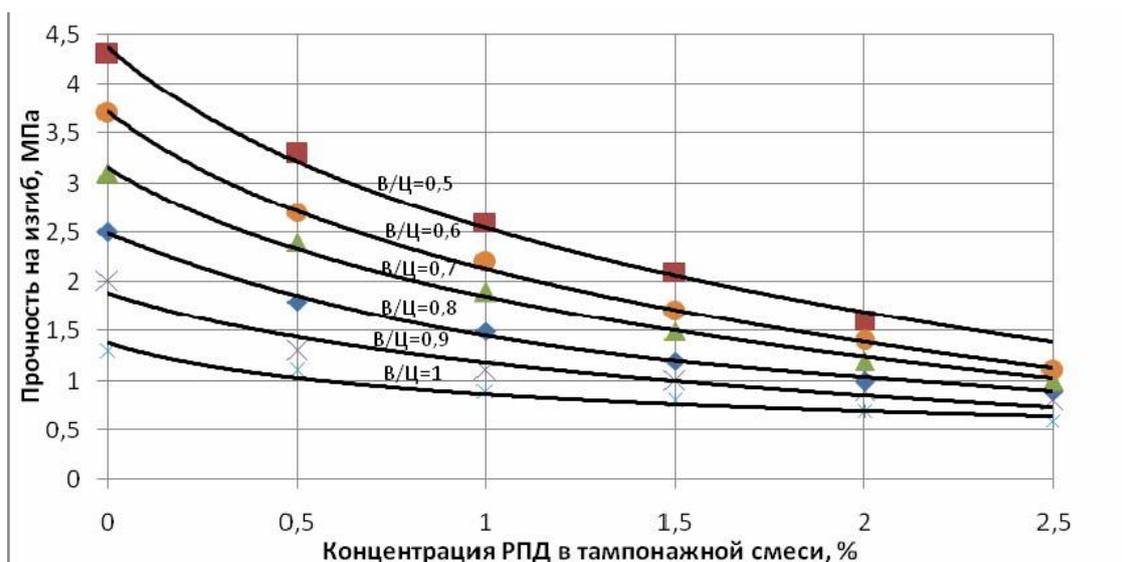


Рис. 3. Прочность тампонажной смеси на изгиб через 7 суток [6]

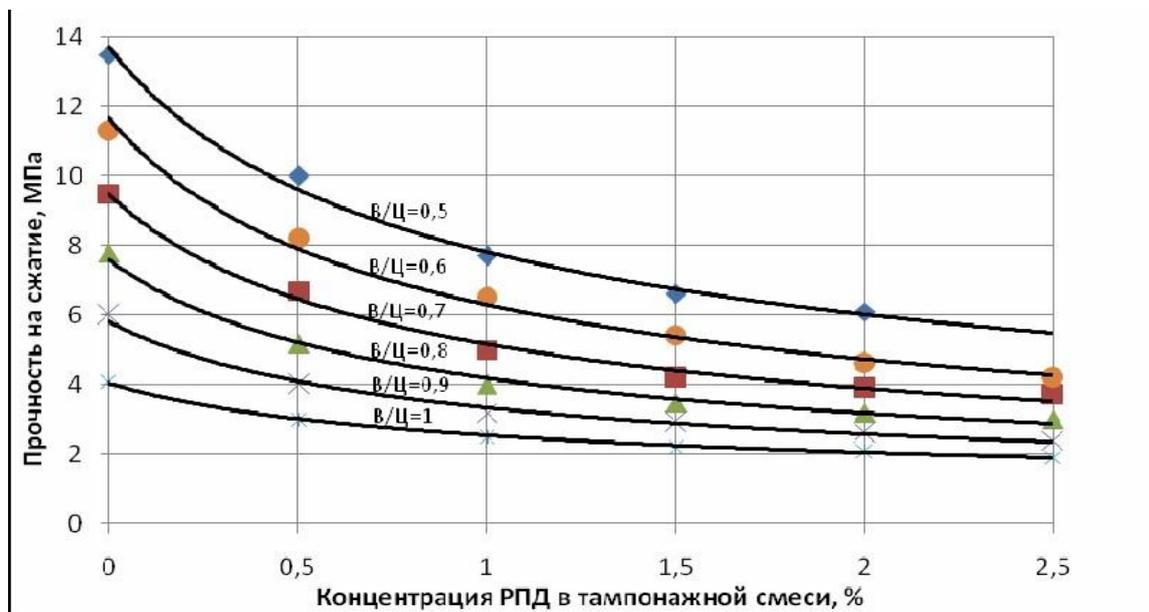


Рис. 4. Прочность тампонажной смеси на сжатие через 7 суток [6]

Из графиков, представленных на рисунках 3 и 4 видно, что при увеличении содержания расширяющихся полимерных добавок в составе тампонажной смеси её прочность уменьшается, но при этом она остаётся достаточной для образования цементного камня и тампонирующей зоны поглощения.

Полученные тампонажные смеси обладают значительным коэффициентом расширения, сохраняя при этом приемлемые физико-механические свойства. Таким образом, эти составы можно рекомендовать к промышленным испытаниям на действующих скважинах.

Один из лидеров на рынке по производству тампонажных растворов с высокой степенью расширения является ГК «СКС». Они используют индивидуальный подход при работе с заказчиками. Состав тампонажного материала подбирается специалистами ГК «СКС» в зависимости от конкретных горно-геологических условий и технологических особенностей строительства скважины. После чего рецептура

тампонажного материала передается на завод ГК "СКС", где РТМ изготавливается в требуемом количестве и доставляется заказчику. Кроме правильного выбора РТМ большое влияние на качество крепления скважины оказывает проведение процесса цементирования. С помощью передового программного обеспечения специалисты ГК "СКС" моделируют гидравлический процесс и рассчитывают наиболее оптимальные параметры процесса цементирования, а также оказывают научно-технологическую помощь при проведении работ непосредственно на скважине.

В зависимости от конкретных горно-геологических условий и технологических особенностей бурения скважины ГК «СКС» предлагает ряд рецептур расширяющихся тампонажных материалов. РТМ, разработанные ГК «СКС», обеспечивают расширение тампонажного раствора до 15 %. Предприятия ГК «СКС» одни из немногих, кто выпускает и поставляет РТМ с расширением более 5,0 %.

Согласно статистике, применение РТМ производства ГК «СКС» с расширением 8-15 % при цементировании в 2–3 раза повышает прочность контакта цементного камня с обсадной колонной и стенками скважины, при этом повышается прочность и снижается газопроницаемость цементного камня. Динамика расширения РТМ подбирается таким образом, чтобы при сохранении максимальной эффективности соблюдалось условие сохранения целостности и прочности цементного камня в течение периода эксплуатации скважины. Реологические свойства тампонажного раствора регулируются путем модификации сухого материала РТМ при его изготовлении.

Как показывает многолетняя практика компании, а также многочисленные исследования результатов применения различных способов цементирования эксплуатационных обсадных колонн, применение РТМ с высоким коэффициентом расширения позволяет достичь следующих целей:

- Улучшение показателей сцепления цементного камня с породой и колонной (по данным акустической цементометрии) за счет увеличения площади контакта цемента с колонной и породой.
- Предупреждение возникновения заколонной циркуляции за счет кратного уплотнения контакта цемента с колонной и породой. Указанный эффект особенно отчетливо проявляется в случае возникновения значительной гидродинамической нагрузки на цементную перемычку: перепады давлений между пластами, депрессия при вызове притока, гидроразрыв и т.п.
- Предупреждение заколонной циркуляции газа. Эффект может быть многократно усилен путем модификации РТМ газоблокирующим реагентом, который вводится в материал при изготовлении.
- Увеличение сроков эксплуатации скважины за счет создания надежной герметичной цементной перемычки между разобщаемыми интервалами.
- Снижение затрат на ремонт скважин за счет увеличения межремонтных периодов.

### **Литература**

1. Данюшевский В.С., Алиев Р.М., Толстых И.Ф.. Справочное руководство по тампонажным материалам. – 2-е изд. – М.: Недра, 1987.
2. Каримов Н.Х., Данюшевский В.С., Рахимбаев Ш.М. Разработка рецептур и применение расширяющихся тампонажных цементов: Обзорная информация. – М.: ВНИИОЭНГ, 1980. – 50 с.
3. Николаев Н.И., Иванов А.И. Результаты аналитических и экспериментальных исследований закупоривающей способности полимерглинистых тампонажных составов при бурении нефтяных и газовых скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2009. - №5. – С. 8-11.
4. Николаев Н.И., Мелехин А.А., Сторчак А.В. Предварительные результаты исследований по созданию расширяющихся тампонажных составов для цементирования обсадных колонн в условиях

- поглощения цементного раствора // Инженер-нефтяник. Москва: ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2010. - №4. – С.38-40.
5. Николаев Н.И., Николаева Т.Н., Иванов А.И. Технология ликвидации поглощений бурового раствора при строительстве нефтяных и газовых скважин // Инженер-нефтяник. М.: ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2009.-№1. – С. 5-8.
  6. Николаев Н. И., Мелехин А. А. / Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». Вип. 14(181). 2011 р. С. 218–221
  7. [http://www.neftegas.info/upload/iblock/d6f/16\\_17.pdf](http://www.neftegas.info/upload/iblock/d6f/16_17.pdf)

## АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ГОРНЫХ ПОРОД В СТЕНКАХ СКВАЖИНЫ

М.А. Сенченко

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследований по повышению устойчивости стенок скважины в процессе бурения. Показано, что это актуальная проблема, имеющая длительную историю и серьезное значение для буровой отрасли, поскольку невнимательное отношение к ней чревато серьезными авариями. Приведен перечень методов и технологических схем, позволяющих повысить контроль над устойчивостью стенок скважины в процессе бурения.

**Abstract.** The paper presents the results of research to improve the stability of the walls of the well during drilling. It is shown that this is an urgent problem that has a long history and great importance for the drilling industry as inattention to it is fraught with serious accidents. The list of methods and technological schemes that improve control over the resistance of the walls of the well during drilling.

Решение проблем по обеспечению устойчивости горных пород при бурении скважин ведутся на протяжении долгого времени. Уже в 1934 году Ф. Ф. Лаптев и Б. С. Шаров [6] на основе проведенных исследований делают заключение, что разрушение глинистых пород в стенках скважины происходит в результате капиллярного всасывания воды и неравномерного набухания глин, а это приводит к возникновению внутренних напряжений между набухшей и сухой породой.

А. А. Линеvский считал, что обвалы пород вызvваются проявлениями горного давления. По его мнению, тектоническая нарушенность способствует обвалам, но имеет второстепенное значение. Проявления горного давления в форме обвалов наблюдается при снижении удельного веса или уровня раствора в скважине.

Опытным путем было выявлено, что с увеличением давления скорость фильтрации по всему сечению опытных образцов набухающих глин уменьшалась [8]. Было выдвинуто предложение, что в соответствии с результатами исследований Р.И. Щищенко и А.М. Аванесова, этот факт можно объяснить сжимаемостью глинистой корки под действием давления. Следовательно, повышение устойчивости набухающих глин с увеличением гидравлического давления происходит не только вследствие противодействия напряжениям в стенках скважины, но и в результате замедления процессов физико-химического взаимодействия породы с буровым раствором. Повышение температуры интенсифицирует процесс, усиливает воздействие водных растворов на глинистые породы и увеличивает скорость их обвалообразования [7].

Л. К. Мухин, отмечает, что породы, слагающие стенки скважин, в процессе их вскрытия испытывают высокие напряжения в результате проявления горного давления и изменяют свои свойства под действием буровых растворов. Обработка буровых растворов на водной основе защитными коллоидами и электролитами, активно