

производительность труда до 29 %. Таким образом, использованный метод оценки надежности технологических схем позволяет выявить поэлементно организационные, технологические и технические резервы повышения эффективности проходки и влиять на технико-экономические показатели в целом.

Литература

1. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.
3. Горные машины и проведение горно-разведочных выработок: учебник / В.Г. Лукьянов, В.Г. Крец: Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2014. – 342 с.
4. Рогинский В.М. Надежность технологических систем и резервирование оборудования на подземных горноразведочных работах // Разведка и охрана недр. – М.: 1975. – №5. – С. 34 – 38.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСАДКИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ОБЛЕГЧЕННЫХ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛЕГЧАЮЩИХ ДОБАВОК

П.С. Куликов

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

Актуальность работы обусловлена бурением скважин в сложных геологических условиях. В процессе строительства которых зачастую возникают проблемы (недоподъем цемента за колонной, поглощение цементного раствора, и т.д), связанные с использованием не правильно подобранных рецептур тампонажных растворов, которые в полной мере не удовлетворяют геологическим требованиям.

В большинстве случаев при использовании облегчающих добавок удается добиться требуемой плотности тампонажного раствора, однако, появляются новые проблемы, связанные с использованием облегчающих добавок. В качестве примера можно привести некачественную усадку тампонажного раствора в заколонном пространстве. Для лучшего

понимания процесса усадки цемента, необходимо понимать каким образом облегчающие добавка взаимодействует вместе с цементом. Рассмотрим основные характеристики облегчающих добавок.

Вермикулит - минерал из группы гидрослюд, имеющих слоистую структуру. Представляет собой крупные пластинчатые кристаллы золотисто-жёлтого или бурого цвета. Под воздействием термической обработки (при нагревании до 400-1000°С) вермикулит расслаивается на червеобразные частицы, вспучивается, увеличивается в объеме 15-25 раз. При добавлении в тампонажный раствор имеет тенденцию к всплытию, при большой концентрации вермикулита, в тампонажном растворе, приводит к коагуляции, и трудностям при продавках, становится слаборастекаем.

Трепел - рыхлая или слабо сцементированная, лёгкая, тонкопористая опаловая осадочная горная порода. Имеет цвет от белого и сероватого до тёмно-серого, бурого, красного и чёрного. Плотность трепела заменяется от 1,2 до 2,5 г/см³, имеет слабую гигроскопичность. При добавлении в цементный раствор имеет тенденцию к всплытию, при большом давлении имеется высокая предрасположенность к схлопыванию.

Алюмосиликатные полые микросферы (АСПМ) - стеклокристаллические алюмосиликатные шарики, образующиеся при высокотемпературном факельном сжигании угля. Представляют собой полые, силикатные шарики с гладкой поверхностью, диаметром от 10 до нескольких сотен микрометров, в среднем около 100 мкм. Плотность материала стенок частиц - 2,5г/см³. АСПМ отличают низкая плотность, высокая механическая прочность, химическая инертность, термостойкость, низкая теплопроводность. При добавлении в цементный раствор имеет тенденцию к всплытию и пенообразованию.

Придя к выводу, что современные облегчающие добавки позволяют в той или иной мере снизить плотность тампонажного раствора, было принято решение сделать ряд испытаний по усадке цементного камня тампонажных растворов с применением облегчающих добавок. Показатель усадки цементного камня можно косвенно назвать параметром качества цементации скважины, который несет информацию о том, насколько сильно может осесть тампонажный раствор от устья при образовании цементного камня и как следствие вероятность обуславливать появление межколонного давления, заколонных перетоков и т.д.

В качестве приборов измеряющего усадку цементного материала использовался ультразвуковой анализатор цемента VCED OFITE рисунок 1. Система Измерения Объемного Расширения Цемента (VCED), производства компании OFITE. Эта Система позволяет непрерывно измерять расширение или усадку образца цемента в условиях высоких температур и давлений.[1,3,5].



Рис. 1- Ультразвуковой анализатор цемента (внешний вид)

Для проведения экспериментов были использованы рецептуры для облученных тампонажных материалов приготовленные с использованием цемента ПЦТ-I-100. Составы тампонажных материалов были подобраны таким образом, чтобы параметры тампонажных растворов при использовании озвученных добавок соответствовали параметра Об-5 предъявляемые требованиям ГОСТ 1581-96. Так же был проанализирован образец тампонажного материала из чистого ПЦТ-I-100 без добавления облегчающих добавок. Полученные результаты представлены в таблице 1.[3,5]

Таблица 1

Параметры цементного теста полученного для исследования усадки

№	Состав тампонажного материала	Плотность гр/см ³	Водоотделение, мл	Растекаемость, мм	Прочность на изгиб
1	ПЦТ-I -100 чистый	7,83	6.5	250	7,5
2	ПЦТ-I -100 + вермикулит	1.53	0	200	2,85
3	ПЦТ-I -100 + АСПМ	1.53	0	210	3,2
4	ПЦТ-I -100 + Трепел	1.53	0	203	3,33

После подбора рецептуры следующим этапом было исследование линейной усадки полученного тампонажного материала. Для этого образцы тампонажного раствора полученные из цементного теста были залиты в прессформы, на период ОЗЦ длительностью 48 часов, после чего извлеченные образцы визуально сравнивались на предмет усадки цементного камня, полученные результаты представлены на рисунке 2.

Визуально видно, что наибольший эффект линейного расширения имеет образец с добавлением вермикулита вспученного, при сравнении с другими образцами. После визуального определения

линейной усадки цементного камня, следующим шагом было исследование усадки с помощью ультразвукового анализатора цементов в атмосферных условиях. Проба подготавливалась следующим образом: в испытательную ячейку - автоклав состоящую из цилиндрического корпуса, помещалось цементное тесто. В верхнюю и нижнюю крышки испытательной ячейки устанавливаются датчики-преобразователи. Собранный образец с цементным раствором устанавливается в нагревательную рубашку прибора. Задаются требуемые температура и давление, имитирующие условия внутри скважины (в случае необходимости). Работой нагревательного элемента управляет программируемый температурный контроллер, позволяющий задавать различные температурные профили. Давление в ячейке создается водой при помощи насоса высокого давления с пневматическим приводом и контролируется регуляторами давления и противодействия.

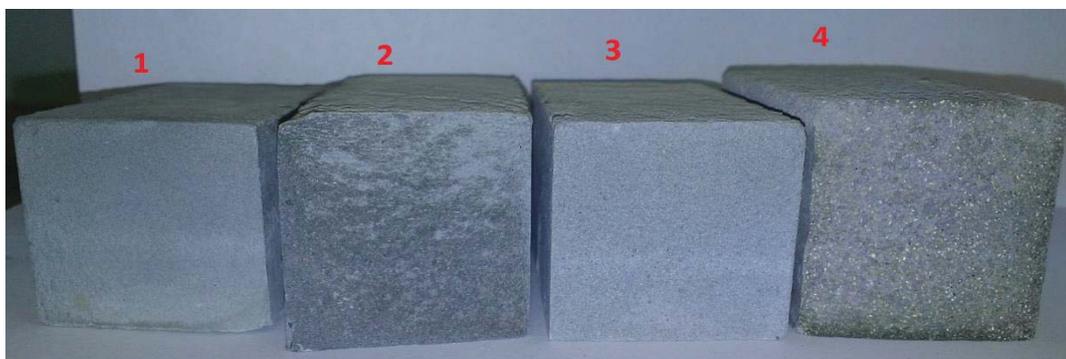


Рис. 2. Результаты усадки цементного камня (с лево направо): 1 - ПЦТ-I -100 чистый; 2 - ПЦТ-I -100 с трепелом; 3 - ПЦТ-I -100 с АСПМ; 4 - ПЦТ-I -100 с вермикулитом вспученным

Результаты экспериментов, полученные с помощью ультразвукового анализатора цемента представлены на рисунке 3 и в таблице 2.

Таблица 2

Результаты усадки цементного камня при атмосферных условиях

Состав тампонажного материала	Усадка, %
ПЦТ-I -100 чистый	3,82
ПЦТ-I -100 + вермикулит	2,43
ПЦТ-I -100 + АСПМ	4,28
ПЦТ-I -100 + Трепел	4,25

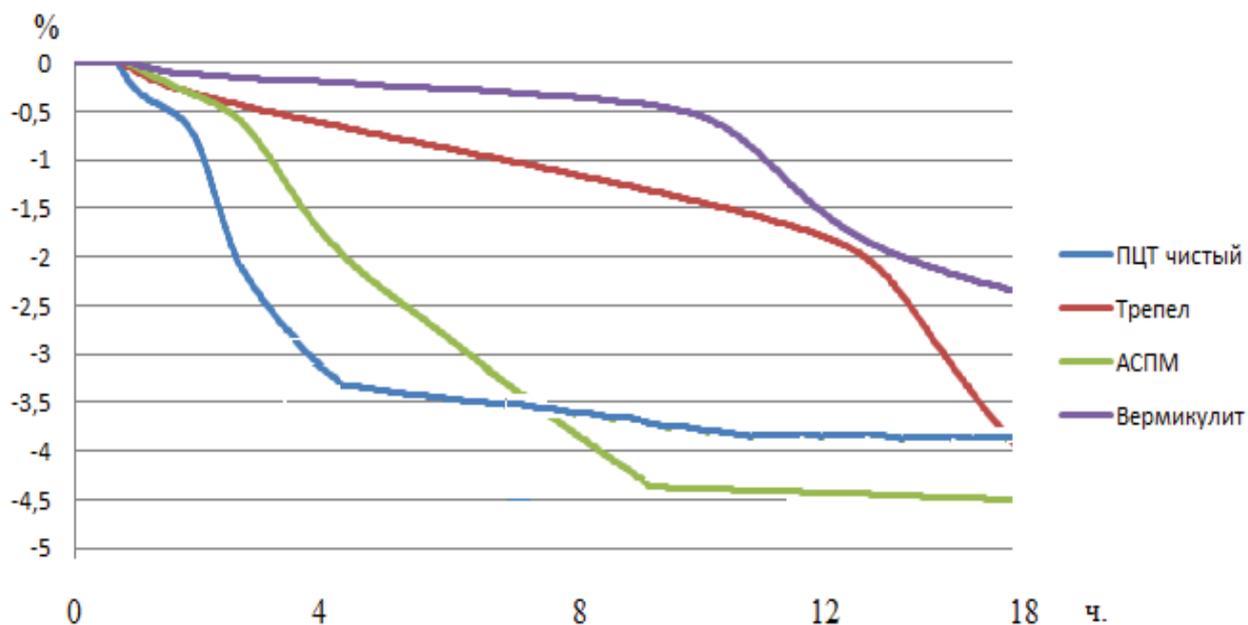


Рис. 3. Результаты усадки цементного камня полученного с помощью ультразвукового анализатора цемента в атмосферных условиях (давление 150 psi; $t=35^{\circ}\text{C}$)

Значения усадки тампонажного материала, полученные в ходе выполнения эксперимента, показывают, что наиболее низкое значение усадки получается из тампонажного материала с вермикулитом вспученный по сравнению с другими облегчающими добавками.

Окончательным этапом в определении усадки цементного камня было имитирование усадки в условиях приближенным к скважинным. В качестве задаваемых параметров выступали давление и температура. Значение температуры было выбрано исходя из среднестатистических значений, забойных температур равной 75°C , давление выбиралось равное среднестатистическом значению пластового давления

продуктивных горизонтов по западной Сибири. Полученные результаты представлены в таблице 3 и на рисунке 4.

Таблица 3

Результаты усадки цементного камня при имитировании скважинных условий

Состав тампонажного материала	Усадка, %
ПЦТ-I -100 чистый	4,3
ПЦТ-I -100 + вермикулит	2,6
ПЦТ-I -100 + АСПМ	5,5
ПЦТ-I -100 + Трепел	5,3

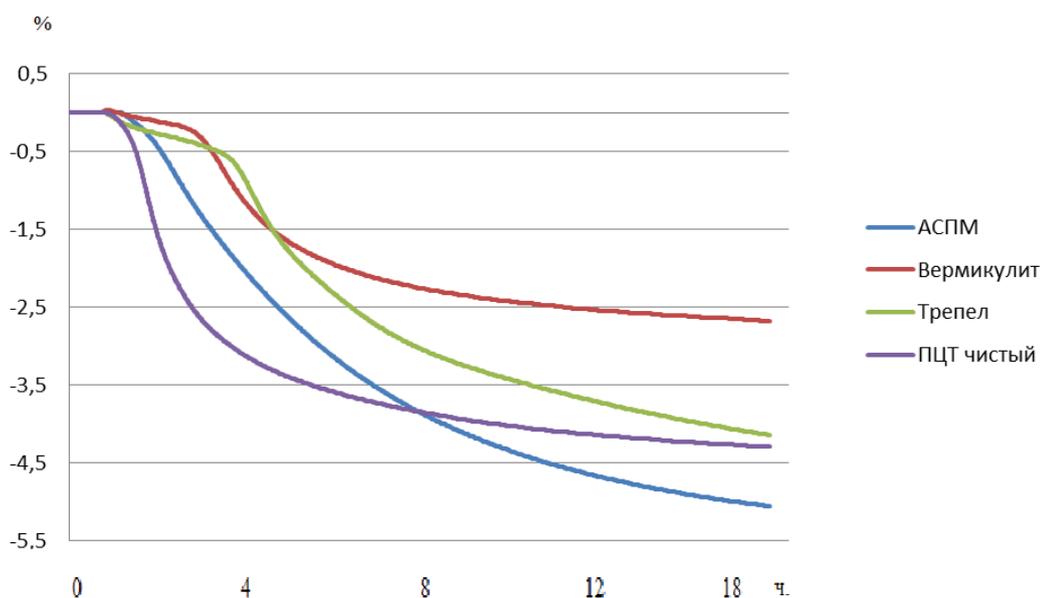


Рис. 4. Усадки цементного камня полученного с помощью ультразвукового анализатора цемента в условиях приближенных к пластовым (давление 3000 psi; t-75°C)

Полученные результаты показывают, что во всех трех случаях определения усадки образцы с использованием вермикулита вспученного показали наилучшие результаты усадки цементного камня.

В случае использования АСПМ и Трепела не наблюдалось значительных расхождений в значениях при атмосферных условиях

Увеличение усадки образца тампонажного материала с алюмосиликатными полыми микросферами (АСПМ), наблюдалась как при имитировании пластовых условий и. Данное явление можно объяснить процессом разрушения микросферы (эффект схлопывания) из-за высоко давления.

Так же следует отметить тот факт, что в процессе измерения усадки тампонажного раствора образцов с вермикулитом вспученным, с постоянной периодичностью наблюдалось всплытие вермикулита на поверхность. Этот факт позволяет сделать предварительный вывод, что при использовании вермикулита вспученного необходимо вводить хим. реагенты позволяющие связывать свободную воду для равномерного распределения вермикулита вспученного по всему объему тампонажного раствора.

Литература

1. ГОСТ 12865-67 Вермикулит вспученный
2. ГОСТ 1581-96 Портландцементы тампонажные технические условия
3. ГОСТ 26798.1-96 Цементы тампонажные методы испытаний
4. Булатов А.И., Данюшевский В.С. Тампонажные материалы; Недра, 1987. - 280с.
5. Ивачев Л.М. Промывочные жидкости и тампонажные смеси; Недра, 1987. - 242с
6. Instruction manual Recording Atmospheric Consistimeter OFFITE, 2011. - 63p.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕР-ТОРФОЩЕЛОЧНОГО БУРОВОГО РАСТВОРА ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН В ГЛИНИСТЫХ ПОРОДАХ

Д.С. Леонтьев

Научный руководитель профессор А.В. Кустышев
*Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень,
Россия*

В процессе бурения скважин, особенно в глинистых породах, нередко наблюдаются различные осложнения. Несмотря на накопленный опыт бурения в различных горно-геологических условиях, затраты на борьбу с осложнениями при проводке скважин остаются