

УДК 622.24.085

## Экспериментальное исследование свойств гипсоцементных тампонажных смесей для ликвидации зон осложнений в скважинах

Юшков И. А., Карпова А. В.

*ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина*

Поступила в редакцию 01.02.11, принята к печати 18.03.11

### **Аннотация**

Рассмотрены результаты экспериментальных исследований свойств гипсоцементных тампонажных смесей. Описывается изменение основных технологических параметров смесей при добавке в их состав полиэтиленовых наполнителей. Рассматривается влияние коэффициента липкости. Приводятся рекомендации по соотношению основных компонентов гипсоцементной смеси для проведения «сухого» тампонирования в зонах осложнений.

Ключевые слова: гипсоцементная смесь, «сухое» тампонирование, водо-твердое отношение, полиэтиленовый наполнитель.

Осложнения, возникающие при бурении, часто являются причиной аварий в скважине, на ликвидацию которых обычно приходится тратить значительные средства. Наиболее распространенным видом осложнений в скважинах является поглощение промывочной жидкости [1].

К настоящему времени разработано и применяется значительное количество устройств и рецептов тампонажных смесей, в достаточной мере решающих проблему тампонирования зон осложнений. Одним из эффективных способов борьбы с осложнениями является метод «сухого» тампонирования, при котором в проникаемую зону в контейнере доставляется пакетированная сухая быстросхватывающаяся смесь. После выдавливания пакетов в ствол скважины смесь с помощью специальной разбурочно-затирочной компоновки снаряда затворяется буровым раствором и задавливается в трещины зоны осложнения [2].

У данного метода есть ряд недостатков. Во-первых, быстро загустевающая тампонажная смесь плохо заполняет трещины и поры проникаемой зоны, что приводит к сравнительно небольшому радиусу создаваемой изоляционной пристволевой оболочки. Во-вторых, в рекомендуемых разработчиками составах смесей включены дорогостоящие компоненты, использование которых в современных сложных экономических условиях не всегда целесообразно. Кроме того, в ранее проведенных исследованиях свойств быстросхватывающихся смесей не учитывалось влияние на технологию проведения тампонажных работ липкости затворяющегося в скважине раствора. Если при использовании скважинных смесителей контакт приготовленного тампонажного раствора ограничен камерой смещения и влияние прилипания раствора к поверхности тампонажных устройств не существенно, то применение технологии «сухого» тампонирования предусматривает длительное взаимодействие шнекового отражателя разбурочно-затирочного снаряда со смесью. Поэтому определение количественного показателя липкости для тампонажных устройств «сухого» тампонирования и влияние его на технологию проведения работ является важной задачей.

Для успешной борьбы с осложнениями в скважине применяется многокомпонентная тампонажная смесь с ускорителем схватывания. Для сухих быстросхватывающихся смесей в качестве ускорителей могут быть использованы сухие в исходном состоянии вещества: хлористый кальций, хлористый калий, гипс, хлористый натрий, карбонат калия и ряд других. Однако, все хлорсодержащие вещества и карбонат калия рекомендуются к использованию при отрицательных или небольших положительных температурах, хлористый натрий применяется для

тампонирования солевых отложений, а хлористый калий существенно повышает вязкость раствора [3]. Из всех указанных типов достаточно эффективным и недорогим ускорителем схватывания является гипс.

С целью определения технологических параметров тампонажной смеси и технологии тампонирования зон осложнений на кафедре технологии и техники геологоразведочных работ Донецкого национального технического университета выполнялись работы, одним из этапов которых являлось проведение экспериментальных исследований свойств гипсоцементных смесей.

Задачами выполненных экспериментальных исследований предусматривалось:

- 1) определение основных технологических параметров тампонажной гипсоцементной смеси (плотность, сроки схватывания, пластическая прочность), приготовленной с различным водо-твердым отношением;
- 2) определение коэффициента липкости по методу проф. А. А. Линевского для исследуемых тампонажных смесей,
- 3) изучение влияния полиэтиленовых наполнителей на свойства исследуемых тампонажных смесей.

Свойства быстросхватывающихся тампонажных растворов определялись по методике, регламентированной ГОСТ 26798.1–85. Для определения плотности исследуемой тампонажной смеси использовался прибор ареометр АБР-1. Сроки схватывания и пластическая прочность тампонажного раствора определялась по прибору "Игла Вика" (ИВ-2), а коэффициент липкости – с помощью прибору А. А. Линевского [4].

Для исследований использовался тампонажный шлакопортландцемент марки ШПЦ-400 ГОСТ 10178-85 плотностью 3200 кг/м<sup>3</sup> и алебастр (гипс) ГОСТ 4013-82 плотностью 2600 кг/м<sup>3</sup>. В качестве жидкости затворения использовалась питьевая вода (плотность 1000 кг/м<sup>3</sup>, условная вязкость 15 с). В исходную смесь добавлялся наполнитель – полиэтиленовая пленка марки HDPE ГОСТ 25951-83 (плотность 960 кг/м<sup>3</sup>) толщиной 0,05 мм ± 20 % в измельченном виде. Выбор наполнителя был обусловлен типом упаковочного материала, в которые предусматривается пакетировать сухие смеси, так как по принятой технологической схеме пакеты в процессе выдавливания их из тампонажного снаряда измельчаются и перемешиваются с затворяемой смесью.

При проведении экспериментальных исследований использовалось базовое соотношение компонентов 1:4 [5].

Весовое количество компонентов для приготавливаемой смеси определялось по методике [6]:

$$q_c = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i}{\rho_i} + (B/T) \sum_{j=1}^k \frac{b_j}{\rho_j}}, \text{ кг,}$$

где  $a_i$  – массовая доля компонентов сухой смеси;

$\rho_i$  – плотность сухого компонента, кг/м<sup>3</sup>;

$b_j$  – массовая доля жидких компонентов;

$\rho_j$  – плотность жидких компонентов, кг/м<sup>3</sup>;

B/T – водо-твердое отношение приготавливаемой смеси.

Исследования выполнялись для базового гипсоцементного состава с водо-твердым отношением 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 и с водо-твердым отношением 0,4; 0,6; 0,8 для тампонажного состава с полиэтиленовым наполнителем. Для каждого состава смеси опыты проводились сериями по 3 - 5 измерений.

Средние по результатам измерений значения параметров тампонажной смеси приведены в табл. 1.

На рис. 1 представлен график изменения плотности от водо-твердого отношения смеси.

Таблица 1 – Сводные данные результатов измерения основных параметров гипсоцементной тампонажной смеси

№ серии опыта	Состав смеси (весовая доля компонента, гр)	Водо-твердое отношение	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Сроки схватывания смеси		Интервал времени от затвердения смеси до измерения, мин	Глубина погружения конуса прибора ИВ-2, мм	Пластическая прочность смеси, МПа	Коэффициент липкости (через 12 мин после затвердения)
				начало, мин	конец, мин				
1	Цемент (220), алебастр (55)	0,4	1920	4	12	–	–	–	0,65
2	Цемент (173), алебастр (43)	0,6	1820	10	35	8 14 22 30 32	5 4 3 2 1	0,023 0,041 0,092 0,367 0,41	0,7
3	Цемент (142), алебастр (36)	0,8	1660	11	50	14 27 42 49	15 12 8 5	0,021 0,039 0,087 0,354	0,78
4	Цемент (121), алебастр (30)	1,0	1580	26	70	30 52 58 69	17 13 10 7	0,01 0,02 0,08 0,28	0,53
5	Цемент (204), алебастр (51), полиэтилен 5% (13)	0,4	1890	-	4	–	–	–	–
6	Цемент (163), алебастр (41), полиэтилен 5% (10)	0,6	1700	10	40	10 15 18 25	2,5 2 1,5 1	0,02 0,035 0,067 0,235	0,85
7	Цемент (135), алебастр (33), полиэтилен 5% (8)	0,8	1580	13	60	14 18 31 46 52	5 4 3 2 1	0,018 0,03 0,08 0,25 0,28	0,73

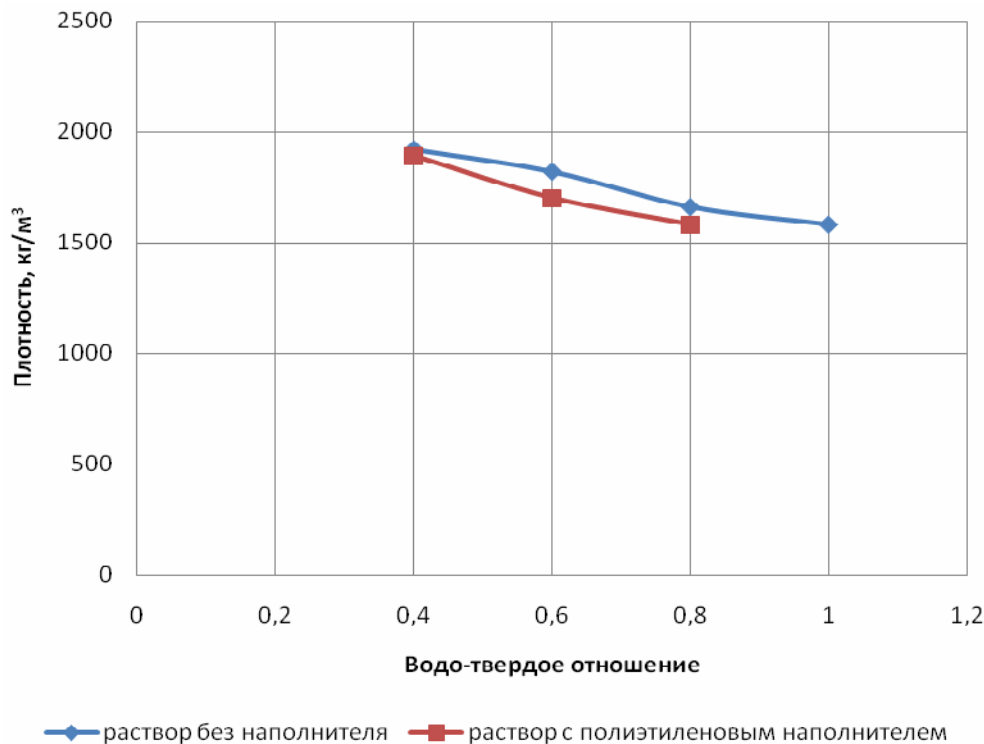


Рис. 1. График зависимости плотности гипсоцементной тампонажной смеси от водо-твердого отношения.

Характер изменения плотности раствора, показанный на рис. 1, демонстрирует, что при увеличении водо-твердого отношения смеси с 0,4 до 0,8 плотность тампонажного раствора без наполнителя снижается на  $260 \text{ кг/м}^3$ , что составляет 18%. Для тампонажного раствора с наполнителем отмечается снижение плотности, составляющее  $310 \text{ кг/м}^3$  (16%). Необходимо также отметить, что значение плотности смеси с наполнителем в целом меньше плотности исходного гипсоцементного раствора.

Результаты измерения сроков схватывания показывают (табл. 1), что с увеличением водо-твердого отношения продолжительность времени до начала схватывания смеси увеличивается с 4 до 26 минут, а до конца схватывания с 12 до 70 минут. Установлено существенное влияние добавки полиэтилена на сроки схватывания только для водо-твердого отношения равного 0,4. При остальных водо-твердых отношениях сроки начала и конца схватывания смеси без и с наполнителем практически одинаковы.

С ростом водо-твердого отношения начало и конец схватывания тампонажного раствора увеличивается.

Полиэтиленовый наполнитель оказывает существенное влияние на снижение сроков схватывания тампонажного раствора только при малом водо-твердом отношении ( $V/T=0,4$ ). При водо-твердом отношении 0,6; 0,8 начало и конец схватывания раствора с наполнителем и без него практически одинаковы (расхождение составляет не более 5–10 мин).

Измерение пластической прочности тампонажного раствора проводились с конусным индентором с углом при вершине  $30^\circ$ . Результаты измерения пластической прочности раствора приведены в таблице 1, а на рисунке 2 приведен график зависимости пластической прочности от времени стабилизации.

Кривые пластической прочности гипсоцементных смесей показывают, что переход от периода загустевания к твердению происходит за небольшой интервал времени. Анализ результатов измерения пластической прочности показывает, что увеличение водо-твердого отношения увеличивает промежуток времени до момента перехода раствора в фазу загустевания. Так, у тампонажной смеси без наполнителя с водо-твердым отношением 0,6 этот переход происходит примерно через 20 мин. от начала затворения, у смеси с водо-твердым отношением 0,8 – через 40 мин., у смеси с водо-твердым отношением 1,0 – через 55 мин. Добавка полиэтилена

убыстряет переход раствора в фазу загустевания, причем у смесей с водо-твердым отношением 0,8 сокращение времени перехода составляет около 10 мин.

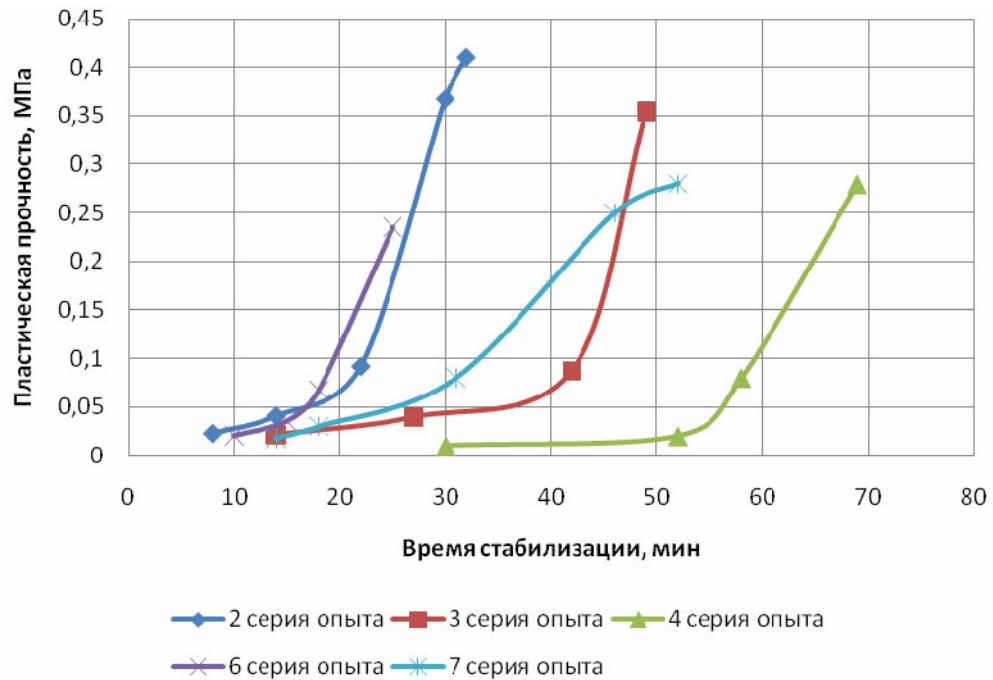


Рис. 2. График зависимости пластической прочности гипсоцементной тампонажной смеси от времени стабилизации

Также следует отметить, что значение пластической прочности в период твердения у тампонажных растворов с наполнителем ниже, чем у базового раствора.

Полиэтиленовый наполнитель не оказывает существенного влияния на характер перехода от загустевания тампонажного раствора к твердению, но нарастание пластической прочности у раствора с наполнителем происходит быстрее, чем у базового раствора.

Коэффициент липкости во всех сериях опытов определялся через 12 мин. после затворения смеси жидкостью. В табл. 1 отсутствуют результаты 5 серии опыта, так как к 12 мин. опыта смесь затвердела. На рис. 3 приведен график зависимости коэффициента липкости от водо-твердого отношения.

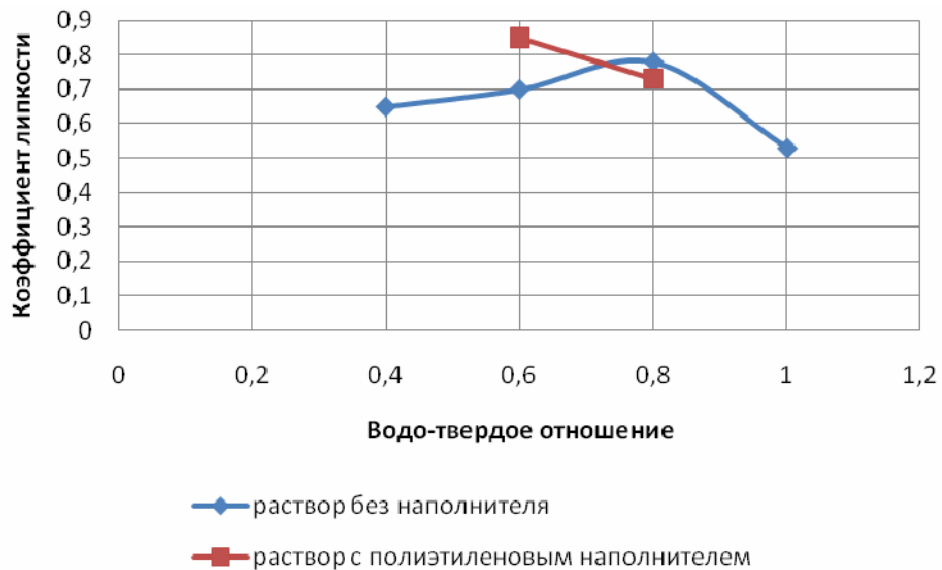


Рис. 3. График зависимости коэффициента липкости гипсоцементной тампонажной смеси от водо-твердого отношения.

Измерения коэффициента липкости гипсоцементного раствора, измеренные через 12 минут после затворения смеси, показали, что его значение возрастает до водо-твердого отношения 0,8, после чего резко снижается. У раствора с полиэтиленовым наполнителем снижение коэффициента липкости происходит со значения водо-твердого отношения равного 0,6. По мере твердения тампонажного раствора с любым водо-твердым отношением значение коэффициента липкости снижается.

На рис. 4 приведен график зависимости коэффициента липкости от времени стабилизации, построенный по результатам измерений тампонажного раствора без наполнителя с водо-твердым отношением 0,4; 0,6; 0,8; 1,0. Данная графическая зависимость показывает одинаковый характер изменения коэффициента липкости с течением времени для смесей с водо-твердым отношением от 0,4 до 0,8. Для смеси с водо-твердым отношением 1,0 процесс увеличения коэффициента липкости смещен по времени от момента затворения смеси водой.

Результаты проведенных экспериментальных исследований гипсоцементной тампонажной смеси позволили сформулировать следующие выводы:

1. Результаты сравнения технологических показателей тампонажной смеси без добавки полиэтилена и с полиэтиленом можно отметить, что плотность и сроки схватывания значительно снижаются при одинаковом водо-твердом соотношении, что необходимо учитывать при проведении работ с пакетированными быстрохватывающимися смесями.
2. Быстрое загустевание смеси даже при  $V/T \geq 0,8$  свидетельствует о высоких тампонирующих свойствах гипсоцементных смесей, что выгодно отличает их от цементных растворов, которые весьма чувствительны к разбавлению водой.
3. В качестве соотношения компонентов для тампонирования зон осложнений методом «сухого» тампонирования может быть рекомендована гипсоцементная смесь с отношением 1:4 и с водотвердым отношением 0,6-0,8, поскольку при этих отношениях обеспечивается время загустевания и твердения 30-45 мин, достаточное для выполнения тампонирования, а коэффициент липкости не препятствует процессу затворения и затирки смеси в стенки скважины.

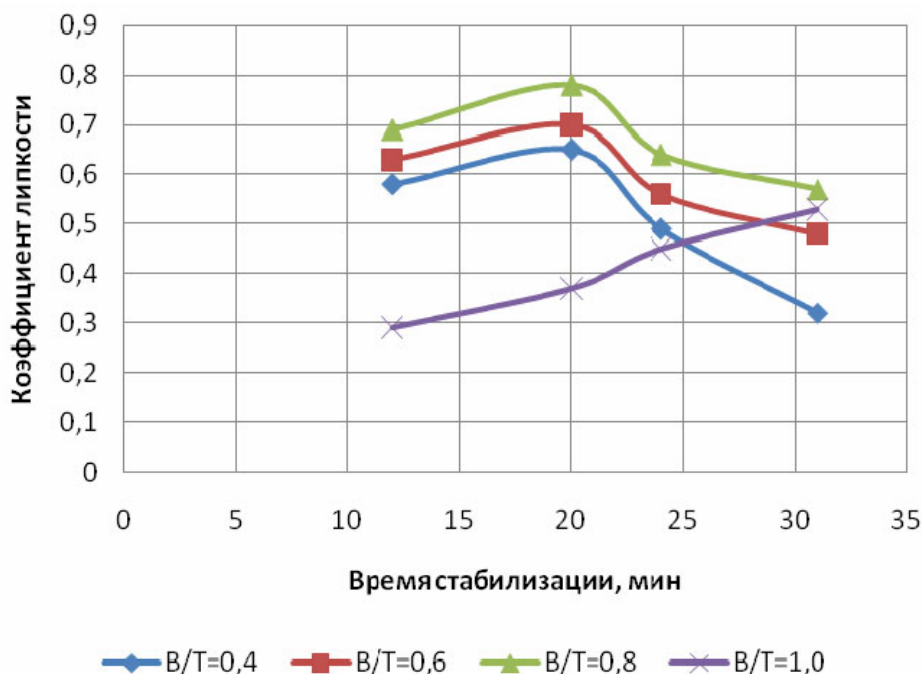


Рис. 4. График зависимости коэффициента липкости гипсоцементной тампонажной смеси от времени стабилизации

### Библиографический список

1. Пустовойтенко И.П. Предупреждение и ликвидация аварий в бурении / И. П. Пустовойтенко. М.: «Недра», 1973 г. – 312 с.
2. Новиков, Г.П.Справочник по бурению скважин на уголь. /Г.П. Новиков, О.К. Белкин, Л.К. Ключев и др. - М.: «Недра», 1988. – 256 с.
3. Ивачев, Л. М. Промывка и тампонирувание геологоразведочных скважин: Справочное пособие / Л.М. Ивачев. – М.: «Недра», 1989. – 247 с.
4. Загибайло, Г.Т. Промивка свердловин / Г.Т.Загибайло, С.М.Башлик. - Київ: «Знання України», 2006. – 200 с.
5. Ивачев, Л. М. Борьба с поглощениями промывочной жидкости при бурении геологоразведочных скважин / Л. М. Ивачев. – М.: «Недра», 1982. – 293с.
6. Юшков, А.С. Геологоразведочное бурение: учебное пособие / А.С.Юшков, В.И.Пилипец. - Донецк: «Норд- Пресс», 2004. – 464 с.

© Юшков И. А., Карпова А. В., 2011

#### Анотація

Розглянуто результати експериментальних досліджень властивостей гіпсо-цементних сумішей. Описується зміна основних технологічних параметрів суміші при додаванні в їхній склад поліетиленових наповнювачей. Розглянуто вплив коефіцієнта липкості. Надані рекомендації по співвідношенню основних компонентів гіпсо-цементної суміші для проведення «сухого» тампонування у зонах ускладнень..

Ключові слова: гіпсо-цементна суміш, «сухе» тампонування, водо-тверде відношення, поліетиленовий наповнювач.

#### Abstract

The results of experimental researches of the sheetrock cement mixtures properties are considered. We describe the change of the mixtures basic technological parameters with the addition of their component plastic fillers. The influence of the stickiness is considered. We give advice on ratio of the mixtures main components of sheetrock for a "dry" plugging in the complication areas.

Keywords: plaster and cement mix, strengthening of borehole walls, the water-firm relation, polyethylene filler