

Заикин И.И.

студент Уфимского государственного нефтяного технического университета

Фазлиева А.Б.

студент Уфимского государственного нефтяного технического университета

Иванов Д.И.

студент Уфимского государственного нефтяного технического университет

Хуснияров Н.И.

студент Уфимского государственного нефтяного технического университет

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ОБЛЕГЧЕННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ

Аннотация. Один из широко применяемых методов приготовления облегченных тампонажных растворов, основан на том, что в состав вяжущего материала добавляют различные реагенты, которые в разы уменьшают общую плотность. Данные реагенты имеют множество типов и видов.

Опыт применения добавок, которые облегчают цементный раствор в отечественной практике связан в первую очередь с введением в состав раствора палыгорскита. Но от данной технологии частично отказались, так как уровень физико-механических свойств камня резко упал и снижение плотности оказалось недостаточным. Рассмотрим некоторые виды облегчающих добавок:

1 стоит выделить облегчающую добавку МГГМ – мелкогранулированный глиноматериал. Данный реагент способен снижать плотность цемента до значений (1400-1600).

2 для облегчения цементного раствора возможно применение мела, различных шлак, резиновую крошку и тд. Мел, как правило, добавляют в количестве не более 3 % от общей объема цемента. Данный реагент обеспечивает снижение плотности не ниже 1500 кг/м^3 .

Для решения проблем, связанных с добавлением в состав цементного раствора глин, было принято решение вводить в состав раствора асбестовое волокно. Как показала практика, данный реагент способен снизить плотность тампонажного раствора до 1500 кг/м^3 . При этом прочностные характеристики не ухудшаются, как это было при добавлении глин.

Ключевые слова. Бурение, скважина, цемент, облегченный цементный раствор, добавка.

Zaikin I.I.

student of Ufa State Petroleum Technical University

Fazlieva A.B.

student of Ufa State Petroleum Technical University

Ivanov D.I.

student of Ufa State Petroleum Technical University

Khusniarov N.I.

student of Ufa State Petroleum Technical University

JUSTIFICATION AND SELECTION OF CHEMICAL REAGENTS FOR REGULATING THE PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CEMENT MORTARS

Annotation. One of the widely used methods for preparing lightweight grouting solutions is based on the fact that various reagents are added to the binder, which significantly reduce the overall density. These reagents have many types and types.

The experience of using additives that facilitate cement mortar in domestic practice is primarily associated with the introduction of palygorskite into the solution. However, this technology was partially abandoned, as the level of physical and mechanical properties of the stone dropped sharply and the decrease in density proved insufficient. Let's consider some types of lightening additives:

1 it is worth highlighting the lightening additive MGGM – finely granulated clay material. This reagent is able to reduce the density of cement to values (1400 - 1600).

2 chalk, various slag, rubber chips, etc. can be used to lighten the cement mortar. Chalk is usually added in an amount of no more than 3% of the total cement volume. This reagent provides a reduction in density of at least 1,500 kg/m³.

To solve the problems associated with the addition of clays to the cement mortar, it was decided to introduce asbestos fiber into the mortar. As practice has shown, this reagent is able to reduce the density of grouting solution to 1,500 kg/m³. At the same time, the strength characteristics do not deteriorate, as was the case with the addition of clays.

Keywords. *Drilling, borehole, cement, lightweight cement mortar, additive.*

Теоретические аспекты получения облегченных цементных растворов рассмотрены на примере трехкомпонентной суспензии.

Удельный вес раствора γ , полученного из цемента, добавки и воды, в общем виде может- быть записан так:

$$\gamma = (Q_{\text{ц}} + Q_{\text{д}} + Q_{\text{в}}) / \left(\frac{Q_{\text{ц}}}{\gamma_{\text{ц}}} + \frac{Q_{\text{д}}}{\gamma_{\text{д}}} + \frac{Q_{\text{в}}}{\gamma_{\text{в}}} \right), \quad (1)$$

Плотность цементного раствора зависит от водоцементного отношения, плотности твердой и жидкой фаз цементного раствора и определяется формулой:

$$\rho_{\text{ц.р}} = \frac{\left(1 + \frac{B}{\Pi}\right) \cdot \rho_{\text{т}} \cdot \rho_{\text{ж}}}{\frac{B}{\Pi} \cdot \rho_{\text{т}} + \rho_{\text{ж}}}, \quad (2)$$

где $\rho_{\text{т}}$ – плотность твердой фазы;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости затворения;

Расчет зависимости плотности цементного раствора от водоцементного отношения и вида твердой фазы представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость плотности цементного раствора от В/Ц

Номер 1						
Плотность твердой фазы	3,2					
В/Ц	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Плотность цементного раствора	1,90	1,74	1,62	1,54	1,48	1,44
Номер 2						
Плотность твердой фазы	2,9					
В/Ц	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Плотность цементного раствора	1,83	1,68	1,58	1,51	1,45	1,41
Номер 3						
Плотность твердой фазы	2,7					
В/Ц	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Плотность цементного раствора	1,77	1,64	1,55	1,48	1,43	1,39
Номер 4						
Плотность твердой фазы	2,4					
В/Ц	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Плотность цементного раствора	1,68	1,57	1,49	1,43	1,39	1,35
Номер 5						
Плотность твердой фазы	2,2					
В/Ц	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Плотность цементного раствора	1,61	1,52	1,45	1,40	1,36	1,33
Номер 6						
Плотность твердой фазы	2,0					
В/Ц	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Плотность цементного раствора	1,54	1,46	1,40	1,36	1,32	1,30
Номер 7						
Плотность твердой фазы	1,8					
В/Ц	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Плотность цементного раствора	1,45	1,39	1,34	1,31	1,28	1,26
Номер 8						
Плотность твердой фазы	1,6					
В/Ц	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Плотность цементного раствора	1,36	1,32	1,28	1,26	1,23	1,22
Номер 9						
Плотность твердой фазы	1,4					
В/Ц	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Плотность цементного раствора	1,26	1,23	1,21	1,19	1,18	1,17

Зависимость плотности цементного раствора от В/Ц представлена на рисунке 1.

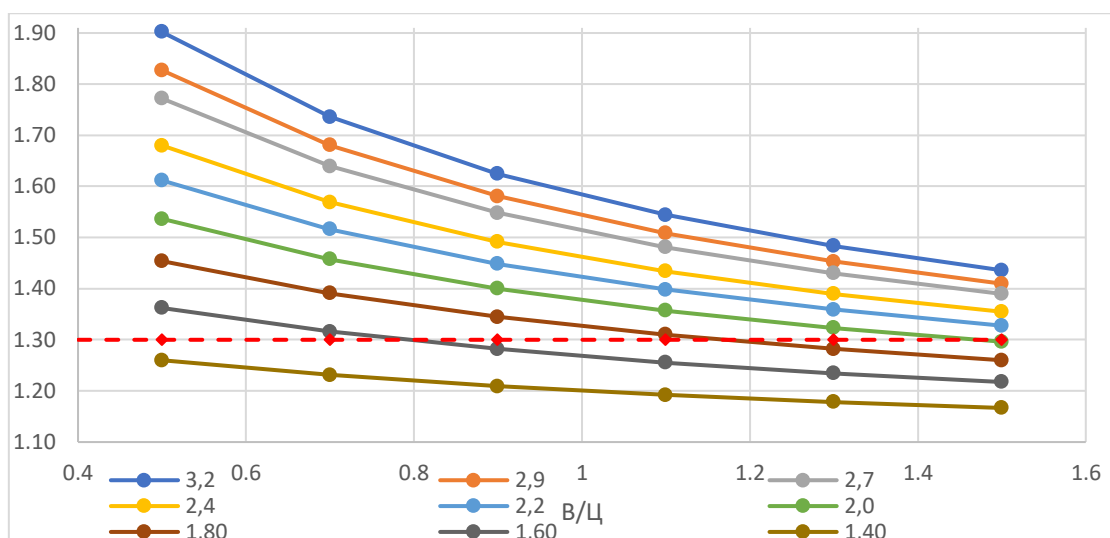


Рисунок 1 – Зависимость плотности цементного раствора от В/Ц

Получение облеченных цементных растворов может быть достигнуто обычно двумя путями:

- облегчение твердой фазы за счет ввода облегчающих добавок. При получении облегченных цементных растворов количество добавки составляет (10–30) %. Однако, если не изменять В/Ц растворов, облегчение получается незначительным. Кроме того, эти добавки, обладая большой удельной поверхностью, связывают свободную воду и сильно снижают подвижность раствора.

- увеличение В/Ц – наиболее часто применяемый технологический прием при получении облегченных цементных растворов. При этом В/Ц может достигать (0,9–1,2) в цементных растворах с плотностью (1400–1500) кг/м³. Однако увеличение В/Ц всегда ухудшает структуру цементного камня.

Рассмотрим зависимость плотность цементного раствора от концентрации облегчающих добавок (таблица 2, рисунок 2).

Таблица 2 – Влияние плотности облегчающей добавки и соотношения компонентов на плотность получаемого тампонажного материала

	Плотность облегчающей добавки, кг/м³
--	--------------------------------------

Добавка/ вяжущее	400	600	900	1200	1500	1800	2200	2600
0,11	1860	2110	2520	2700	2830	2930	3020	3080
0,25	1320	1700	2090	2370	2570	2750	2905	2970
0,43	1010	1390	1790	2100	2360	2570	2790	2860
0,67	830	1150	1560	1900	2180	2430	2687	2820
1	700	1000	1430	1730	1810	2290	2600	2780

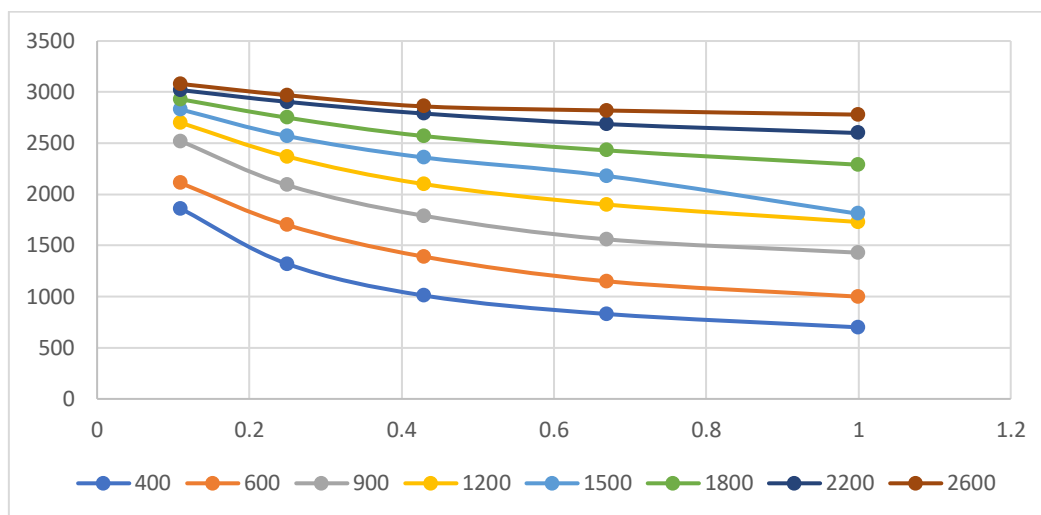


Рисунок 2 – Зависимость плотности от концентрации облегающих добавок

Для того чтобы цементные растворы сохраняли свои прочностные, фильтрационные свойства, как правило, принято использовать различные реагенты в сочетании с самим раствором. Если использовать цементы без дополнительных реагентов, то возникает риск возникновения поглощений цемента, потери необходимой плотности раствора и т.д.

Рассмотрим пример, при котором цементный раствор будет иметь высокий показатель фильтрации. В данном случае будет наблюдаться загрязнение пластов раствором, при перемешивании цемента с различными другими веществами, возможно оседание его в призабойной зоне пласта. При перемешивании цемента с глинами, наблюдается расслоение раствора, с последующим образованием мелких частиц, которые, в следствие, закупоривают поры пластов.

Для того чтобы избежать вышеупомянутых проблем следует контролировать и понижать количество фильтрата, который возможно

проникнет в пласт. Для того чтобы совершить данные действия необходимо применять реагенты в составе с тонкодисперсными гидрофильными материалами. Исходя от поставленных задач, были придуманы различные реагенты и материалы, которые добавляют в состав цементного раствора [5].

Как показала практика, наиболее эффективным в больших случаях является применение полимерных реагентов. Данные реагенты способны обеспечить седиментационную устойчивость раствора, а также снизить показатель фильтрации. Если снизить уровень показателя фильтрации, то это способствует лучшему заполнению кольцевого пространства, наряду с этим повысится уровень прочности цементного камня.

Существующие трудности при выборе цементных растворов обосновано тем, что в настоящее время отсутствуют четкие границы по определению оптимального показателя фильтрации. Если рассматривать критерии подбора данного показателя, то цемент должен быть прочным и соответствовать всем нормам для качественного крепления скважины, с другой стороны следует рассматривать вариант проникновения данного раствора в пласты.

Как правило, данную проблему начинают рассматривать, если при креплении скважин встречаются пласты с коэффициентом проницаемости пласта не менее 5 мД. Также, если при цементировании применяются технология с расхаживанием колонны. В других случаях требования к показателю фильтрации ЦР не предъявляются. Иностранные исследователи в области строительства нефтяных и газовых скважин отмечают, что после проведенных исследований они выявили оптимальный показатель фильтрации и он не должен превышать 100 см^3 за 30 минут [3].

Стоит отметить тот факт, что если процесс цементирования происходит в интервале низкопроницаемых песчаников, то требования к показателю фильтрации могут быть снижены. Данный факт был доказан на производственном опыте и при снижении значений показателя фильтрации до 120 см^3 за 30 минут, скорость фильтрации была сохранена [2].

Также к преимуществам полимерных реагентов можно отнести то, что кроме его использования для снижения показателя фильтрации, данные реагенты могут обеспечить эффективный цементный камень с очень низким уровнем проницаемости. Дело в том, что при использовании облегченных цементов в составе с добавками, удельная поверхность которых отличаются большой величиной, наблюдается способность обезвоживания во время загустевания и твердения камня соответственно [1].

После рассмотрения данных об облегченных цементных растворах и материалов, которые участвуют в разработке этих составов было принято решение о проведении мероприятий по созданию облегченного раствора с плотностью 1300 кг/м³. Также было принято решение следить за показателями фильтрации раствора, так как мы убедились, что данное свойство играет большую роль при креплении скважин в определенных условиях.

Экспериментальные исследования.

Исследования облегченных цементных растворов на основе микросфер.

Рассмотрим тампонажные растворы с добавлением полых стеклянных микросфер. Данные добавки имеют следующие свойства:

- высокий уровень прочности материала;
- определенную плотность;
- обладают идеальной сферической поверхностью.

В используемых источниках говорится, что растекаемость цементной смеси с применением данной добавки только увеличивается до размеров в 25,0 см.

При решении снизить плотность буровой промывочной жидкости должно быть четкое понимание, что, совершая эти действия, мы намеренно воздействуем на важные показатели самого цементного раствора в целом. В основном ухудшаются физико-механические свойства, увеличение водоотдачи, ухудшение твердеющих свойств. Также, при уменьшении общего объема смеси мы можем получить плохое качество крепления скважины из-за низких

показателей сцепления колонны с цементным камнем. Для того чтобы избежать уменьшение объема цементного раствора в скважине в промышленности принято использовать реагенты, которые влияют на расширение тампонажной смеси, а иначе расширяющие добавки.

Лабораторные исследования.

Промышленные испытания различных реагентов показывают, что наиболее качественными являются полые микросферы.

Чтобы проверить данные утверждения, было принято решение приготовить облегченные цементные растворы с разным содержанием в нем АСМ. Уровень водоцементного отношения мог достигать до 0,9. Результаты проведенных исследований продемонстрированы в таблице 3.

Таблица 3 – Результат испытания облегченных тампонажных растворов с использованием алюмосиликатных микросфер

Параметр	Содержание в смеси цемента и микросфер, %				
	99/1	98/2	97/3	96/4	95/5
	В/Ц				
	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Плотность	1,45	1,38	1,34	1,28	1,25
Растекаемость	220,0	250,00	250,00	250,00	250,00
Водоотделение, мм	7,25	7,75	8,25	3,15	3,40
Время загустевания	155	175	160	152	160
Прочность, МПа (2 сут.)	3,53	2,91	2,85	6	2,05
Примечание – для приготовления тампонажного раствора использован цемент марки ПЦТ-100.					

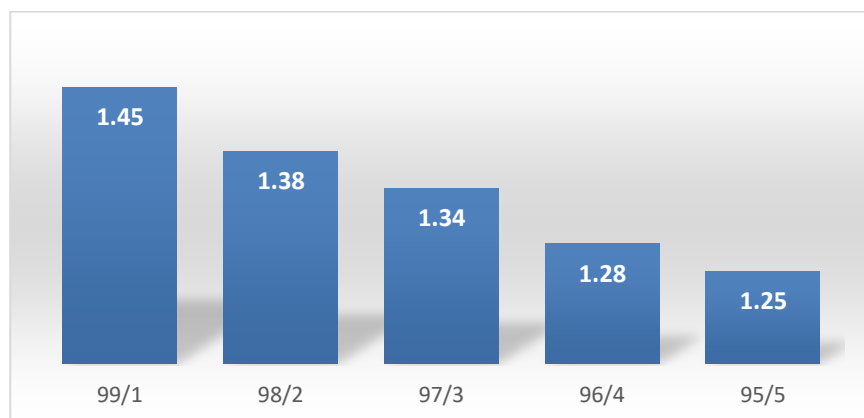


Рисунок 3 – Изменение плотности в зависимости от концентрации микросфер



Рисунок 4 – Изменение прочности на сжатие в зависимости от концентрации микросфер



Рисунок 5 – Изменение растекаемости в зависимости от концентрации микросфер

Выводы.

После просмотра результата в таблице 4.5 можно прийти к выводу, что при повышенном содержании АСМ наблюдается изменение различных параметров цементного состава.

Водоцементное отношение равное 0,6 показывает, что цементный раствор не годен к его эксплуатации, так как нарушает стандарты принятые в

ГОСТ 1581-96.

Исходя из данного результата, было принято решение увеличить показатель водоцементного отношения до 0,9.

Результат показывает, что облегченный цементный раствор в котором находится 99% цемента и лишь 1% добавки, является оптимальным по своим параметрам и подходит для его применения на скважинах. Растворы с показателями водоцементного отношения равным 0,9 также являются некачественными по своей структуре, в связи с присутствием огромного количества воды.

Также стоит отметить тот факт, что прочность цемента обратно пропорциональна количеству, применяемых добавок, для снижения плотности в его составе.

Микросферы являются качественными понизителями плотности в цементах, и соответствует всем требованиям, к цементным составам, применяемым при строительстве скважин в настоящее время.

Было доказано, что полые микросферы, как и отмечали специалисты ранее, имеют более качественный эффект. Уменьшение плотности раствора с хорошими свойствами может достигать 1250 кг/м³. Однако, данный вид раствора имеет недостаток, так как при его эксплуатации наблюдается высокий уровень фильтрации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Булатов А.И. Спутник буровика: в 2 кн. / А.И. Булатов, С.В. Долгов. – 2-е изд. – М.: Недра, 2014. – 21 с.
- 2 Гидроциклоны. Методы сепарации твердых частиц. // Информационный сайт по бурению и буровым растворам. [Электронный ресурс]. URL: <http://fluidspro.ru/teoriya/kontrol-soderzhaniya-tverdoj-fazy/metody-separacii-tverdyx-chastic/gidrociklony/> (дата обращения 18.02.2023).

- 3 Булатов, А. И. Бурение горизонтальных скважин: справочное пособие / А.И. Булатов. — Краснодар: Издательство «Советская Кубань», 2008. — 419 с.
- 4 Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. Утв. Приказом Ростехнадзора №534 от 15.12.2020. — 14 с.