



УДК 622.245.422

ОБЛЕГЧЕННЫЕ ТАМПОНАЖНЫЕ РАСТВОРЫ ДЛЯ СКВАЖИН С НИЗКИМ ПЛАСТОВЫМ ДАВЛЕНИЕМ



LIGHTWEIGHT WELL PLUGGING SOLUTIONS LOW-PRESSURE

Пашчевская Наталья Вячеславовна

кандидат химических наук,
доцент кафедры общей и неорганической химии
и информационно-вычислительных технологий в химии,
Кубанский государственный университет
phv2@yandex.ru

Буков Николай Николаевич

доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей и неорганической химии
и информационно-вычислительных технологий в химии,
Кубанский государственный университет
nbukov@mail.ru

Pashchevskaya Natalia Vyacheslavovna

Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor of the Department
of General and inorganic chemistry
and information and computing technologies
in chemistry,
Kuban State University
phv2@yandex.ru

Bukov Nikolay Nikolaevich

Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Head of the Department of General
and inorganic chemistry
and information and computing technologies
in chemistry,
Kuban State University
nbukov@mail.ru

Аннотация. Изучены физико-механические свойства разработанной рецептуры облегченного тампонажного раствора с добавкой природного кремнийсодержащего соединения трепела. Варьирование массового содержания трепела позволяет получать облегченные тампонажные растворы заданной плотности, обладающие высокой седиментационной устойчивостью. Методом электронной микроскопии исследована структура цементного камня на основе предложенной облегчающей добавки.

Annotation. The physical and mechanical properties of the developed formulation of a lightweight grouting solution with the addition of a natural silicon -containing compound of tripoli powder were studied. Varying the mass content of tripoli powder allows you to obtain lightweight grouting solutions of a given density, which have high sedimentation stability. The structure of cement stone based on the proposed lightening additive was studied by electron microscopy.

Ключевые слова: аномально низкое пластовое давление, облегченный тампонажный, трепел, микроструктура цементного камня.

Keywords: abnormally low reservoir pressure, lightweight grouting mortar, tripoli powder, microstructure of cement stone.

При строительстве нефтегазовых скважин одной из основных и наиболее сложных задач является повышение качества межпластового цементирования затрубного пространства обсадных колонн. Эта проблема является особенно актуальной для многих месторождений, например, Западной и Восточной Сибири, которые характеризуются наличием трещиноватых горно-геологических пластов с аномально низким пластовым давлением (АНПД).

Цементирование скважин, пробуренных в таких пластах, осложняется поглощением тампонажного раствора, а сам продуктивный пласт загрязняется фильтратом тампонажного раствора и его твердой фазой, что приводит к значительному ухудшению коллекторских свойств пласта. Кроме того, из-за возможного поглощения тампонажного раствора, происходит недоподъём его на проектную высоту, в связи с чем возникают различные осложнения в незацементированном интервале скважины [1].

Снижение опасности недоподъёма тампонажного раствора на проектную высоту, и предупреждение его поглощения горными породами с АНПД возможно достичь применением облегченных тампонажных растворов с низкой водоотдачей и высокой изолирующей способностью. Такие тампонажные растворы, плотность которых колеблется в пределах 1400-1600 кг/м, удовлетворяющие технологическим требованиям по плотности, седиментационной устойчивости, водоотдаче и срокам схватывания, можно получить на основе облегчающих добавок.

Цементирование скважин, как заключительный этап в общей проблеме их строительства, особенно в сложных горно-геологических условиях с неоднородными пластами во многих случаях не обеспечивает качественного завершения работ, что приводит к нефтегазоводопрооявлениям или к поглощениям тампонажного раствора, и в конечном итоге наносит существенный урон окружающей природной среде. Возникновение осложнений при строительстве скважин – это результат недостаточной изученности ряда факторов, определяющих формирование и долговечность цементного камня в течение длительного периода эксплуатации скважин.

Чтобы цементный камень длительное время выполнял свои функции в затрубном пространстве скважины, необходимо соответствие его физико-механических свойств требованиям, отвечающим заданным температурам и его химической стойкости по отношению к агрессивным водам, с которыми он соприкасается в процессе эксплуатации скважины [2]. Одним из основных требований, предъявляемых к тампонажным растворам, является их седиментационная устойчивость, обусловленная низкой



фильтратоотдачей, а также прочность образующегося цементного камня, что особенно важно при креплении низа промежуточных и эксплуатационных колонн для предупреждения разрушений цементного кольца и сохранения его герметичности.

Для регулирования свойств цементного раствора и камня, полученного на его основе, применяют различные модифицирующие добавки, вызывающие изменение седиментационной устойчивости раствора, его фильтратоотдачи и вязкости, а также поровой структуры образующегося камня, его адгезионных свойств, прочностных показателей и коррозионной устойчивости [3]. Исследование указанных показателей цементного раствора и камня в зависимости от различных термобарических условий скважины является актуальной задачей качественного строительства скважин и обеспечения экологической безопасности окружающей природной среды.

Для успешного, безаварийного цементирования низкотемпературных скважин с близким расположением продуктивных и обводнённых пластов, необходимы облегченные тампонажные растворы с низкой водоотдачей, высокой подвижностью и изолирующей способностью, образующие при твердении прочный безусадочный камень [4]. Применение таких растворов, снимает угрозу недоподъёма тампонажного раствора на проектную высоту, и, следовательно, сокращает вероятность разрыва пластов и поглощения раствора этими пластами.

Разработка рецептов облегчённого тампонажного вяжущего для цементирования нефтяных и газовых скважин, пробуренных в пластах с аномально низким давлением, нами была проведена с использованием портландцемента новороссийского завода «Октябрь» и мелкодисперсного наполнителя – трепела ООО «СОРБЕНТ» Зикеевского месторождения ТУ 21-РФ-239-02 в качестве облегчающей добавки. По данным рентгенофазового исследования трепел имеет следующий химический состав (таблица 1):

Таблица 1 – Химический состав трепела по данным рентгенофазового анализа

| Вещество | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | K ₂ O | MgO | CaO | TiO ₂ | Rb ₂ O |
|----------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|-------------------|
| ω, % | 83,61 | 9,18 | 4,06 | 1,28 | 0,84 | 0,58 | 0,44 | 0,01 |

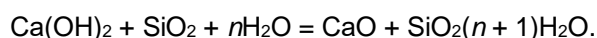
В качестве жидкости затворения применяли питьевую воду и водный раствор хлорида кальция с массовым содержанием по отношению к вяжущему 0,5–4 %, которым затворяли вяжущую смесь. Объём воды для затворения подбирали таким образом, чтобы растекаемость раствора вяжущей смеси (ПЦТ – трепел) по конусу АзНИИ находилась в пределах 18–21 см. Для определения влияния облегчающей добавки на технологические параметры тампонажного раствора, его готовили путём тщательного перемешивания исходных компонентов (ПЦТ с переменным массовым содержанием трепела) с жидкостью затворения. Плотность тампонажного раствора определяли пикнометрически, растекаемость – с помощью конуса АзНИИ, сроки схватывания – с помощью иглы Вика.

Данные о физико-химических свойствах разработанного облегченного тампонажного раствора и камня на его основе представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние массового содержания трепела на плотность и сроки схватывания цементного раствора, t = 22 °С

| № Рецептуры | Трепел, г | ПЦ, г | В/Ц | ρ, кг/м ³ | t _{нач. схват.} Ч-МИН. | t _{конец схват.} Ч-МИН | Условная вязкость, с | Растекаемость, см |
|-------------|-----------|-------|------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------|
| 1 | 0 | 100 | 0,55 | 1800 | 6:00 | 9:20 | 19 | 20 |
| 2 | 10 | 90 | 0,63 | 1660 | 11:20 | 14:00 | 19 | 20 |
| 3 | 25 | 75 | 0,82 | 1535 | 13:10 | 16:20 | 18 | 19 |
| 4 | 40 | 60 | 0,90 | 1466 | 19:30 | 30:40 | 18 | 20 |
| 5 | 50 | 50 | 1,00 | 1404 | 24:50 | 38:00 | 19 | 19 |

Исследована микроструктура цементного камня, полученного из портландцемента и портландцемента с добавкой трепела (рис. 1, 2). Из рисунка 1 видно, что структура камня, не содержащего трепела, насыщена кристаллами гидроксида кальция балочного типа и этtringита, армирующими камень. В структуре цементного камня с добавкой трепела (рис. 2) количество гидроксида кальция значительно уменьшилось в результате реакции с двуокисью кремния, содержание которой в трепеле составляет более 80 %:



Из таблицы 2 следует, что с помощью облегчающей добавки можно получать облегченные тампонажные растворы плотностью 1600–1400 кг/м³. Однако, исследованные составы с добавкой трепела обладают пониженной скоростью структурообразования при 22 °С, поэтому для увеличения скорости твердения облегченных растворов исходную вяжущую смесь затворяли раствором хлорида кальция. В таблице 3 приведены данные, характеризующие влияние хлорида кальция на сроки схватывания



тампонажных растворов разной плотности, а на рисунке 3 показан характер изменения прочности цементного камня, полученного из растворов, содержащих разный процент облегчающей добавки.



Рисунок 1 – Микроструктура цементного камня, полученного из портландцемента без добавок, x7500

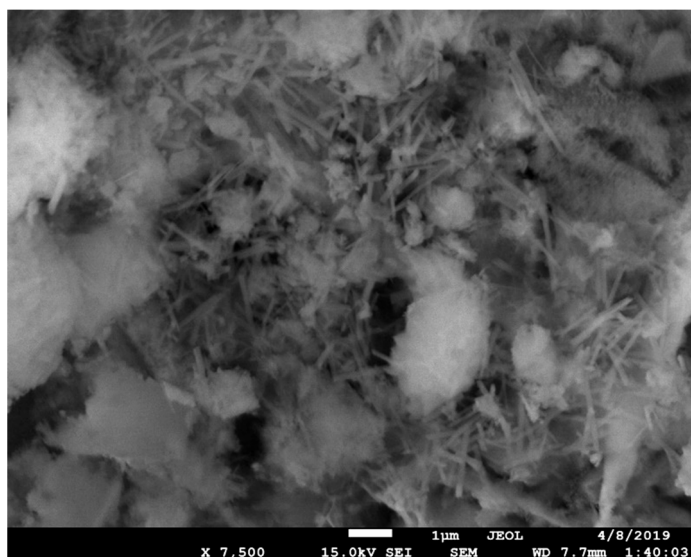


Рисунок 2 – Микроструктура цементного камня, полученного из портландцемента с добавкой 25 % трепела

Таблица 3 – Влияние хлорида кальция на технические параметры облегченного тампонажного раствора и камня на его основе

| № Рецептуры | ω CaCl ₂ , % | ρ , кг/м ³ | t _{нач. схват.} Ч-МИН. | t _{конец схват.} Ч-МИН | Условная вязкость, с | Растекаемость, см |
|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| ω трепела = 10 %, В/Ц = 0,63 | | | | | | |
| 1а | 0,5 | 1640 | 6:10 | 13:00 | 19 | 20 |
| 1б | 1 | 1650 | 5:50 | 12:30 | 18 | 19 |
| 1в | 2 | 1655 | 5:30 | 11:30 | 18 | 20 |
| 1г | 3 | 1660 | 4:30 | 10:30 | 19 | 19 |
| ω трепела = 25 %, В/Ц = 0,82 | | | | | | |
| 2а | 0,5 | 1520 | 11:00 | 15:30 | 18 | 19 |
| 2б | 1 | 1525 | 10:00 | 14:40 | 19 | 19 |
| 2в | 2 | 1530 | 9:30 | 14:00 | 18 | 19 |
| 2г | 3 | 1535 | 8:30 | 13:00 | 19 | 20 |

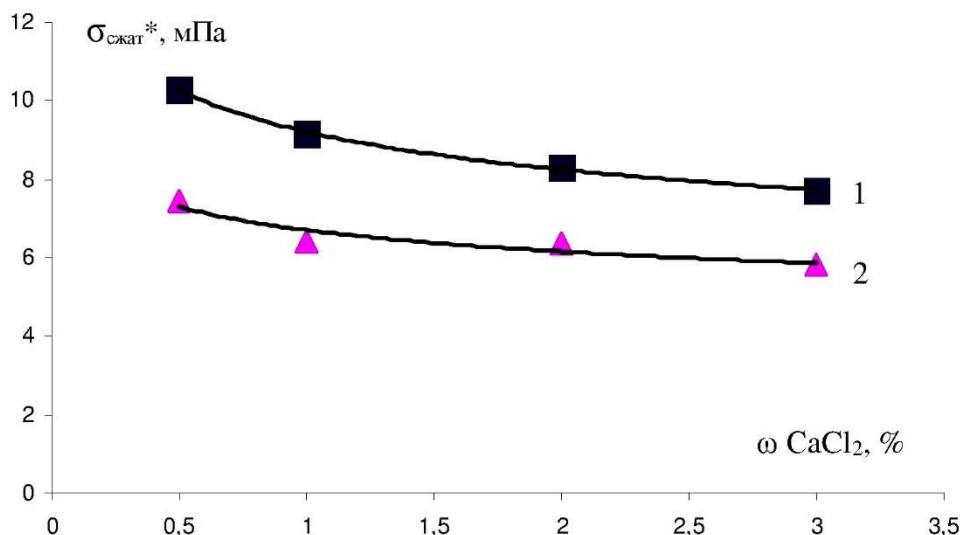


Рисунок 3 – Зависимость прочности цементного камня от концентрации хлорида кальция:
 1 – ω трепела = 10 %, В/Ц = 0,63; 2 – ω трепела = 25 %, В/Ц = 0,82; σ_{сжат}^{*} – через 28 суток твердения

Представленные в таблице 2, 3 данные позволяют сделать вывод, что разработана рецептура облегченного тампонажного раствора с приемлемыми технологическими параметрами, соответствующими требованиям, предъявляемым к облегченным тампонажным растворам. Полученные облегченные тампонажные составы являются седиментационно устойчивыми, водоотделения не наблюдалось. Применение таких растворов для цементирования скважин с низким пластовым давлением, позволит повысить качество цементирования скважин и снизить риски возникновения осложнений, а следовательно, возможное загрязнение окружающей природной среды.

Литература

1. Николаев Н.И. Результаты исследования зоны контакта «цементный камень – горная порода» / Н.И. Николаев, Лю Хаоя // Записки горного института. – 2017. – Т. 226. – С. 428.
2. Булатов А.И. Формирование и работа цементного камня в скважине. – М. : Недра, 1990. – 440 с.
3. Ахрименко В.Е., Ахрименко З.М., Пашевская Н.В., Тимофеева И.Ю. О влиянии природы кремнеземсодержащих добавок на коррозионную устойчивость цементного камня // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. –2012. – № 7. – С. 44.
4. Мариампольский Н.А., Савенок Н.Б., Савенок О.В. Разработка облегченных цементов для работы с поглощениями тампонажного раствора // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 1997. – № 10–11. – С. 26.

References

1. Nikolaev N.I. The results of the study of the contact zone «cement stone – rock» / N.I. Nikolaev, Liu Hao // Notes of the mining Institute. – 2017. – V. 226. – P. 428.
2. Bulatov A.I. Formation and operation of cement stone in the well. M. : Nedra, 1990. – 440 p.
3. Akhrimenko V.E., Akhrimenko Z.M., Pashchevskaya N.V., Timofeeva I.Yu. On the influence of the nature of silica-containing additives on the corrosion resistance of cement stone // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2012. – № 7. – P. 44.
4. Mariampolsky N.A., Savenok N.B., Savenok O.V. Development of lightweight cements for working with the absorption of grouting solution // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 1997. – № 10–11. – P. 26.