

О повышении оперативности оценки распределения компонентов в сухих смесях магнезиальных тампонажных материалов

Г.М. Толкачев
академик¹, к.т.н., профессор, в.н.с.²
bngs@pstu.ru

А.С. Козлов
к.т.н., с.н.с., доцент²
bngso14@pstu.ru

А.В. Анисимова
аспирант, м.н.с.²
bngso10@pstu.ru

М.В. Малимон
магистрант², инженер³
monoceross@mail.ru

С.А. Бортников
директор³
monolitsab@mail.ru

¹ МАНЭБ, Санкт-Петербург, Россия

² Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

³ ООО научно-производственная фирма «Монолит», Пермь, Россия

Описан цикл получения в стационарных заводских условиях сухих смесей магнезиального тампонажного материала, успешно применяемых при цементировании обсадных колонн в нефтяных и газовых скважинах, разрез которых осложнён наличием водорастворимых солей. Обозначены причины, снижающие эффективность их производства, и предложен метод оперативной оценки качестваготавливаемых сухих смесей, позволяющий сократить время производственного цикла и затраты на выпуск продукции.

Для обеспечения высокого качества цементирования обсадных колонн в нефтяных и газовых скважинах, разрез которых характеризуется наличием водорастворимых солей, используются магнезиальные тампонажные растворы [1–4], изготавливаемые затворением смеси сухих компонентов водным раствором хлорида магния. Магнезиальные тампонажные материалы помимо вяжущей основы (оксид магния) включают в себя различные функциональные добавки, контролирующие технологические свойства изготавливаемого тампонажного раствора (облегчающие, утяжеляющие, понижающие водоотдачу, повышающие подвижность и стабильность, ускоряющие или замедляющие время загустевания–схватывания) и формирующегося при его твердении цементного камня (прочность, водостойкость, скелетное расширение). Вводимые добавки в большинстве случаев смешиваются с вяжущей основой на стадии приготовления сухих смесей.

Качество получаемой смеси зависит от многих факторов, в том числе от свойств исходного сырья, условий его хранения до использования при приготовлении сухой смеси, продолжительности перемешивания и порядка загрузки всех компонентов.

При получении многокомпонентной сухой смеси тампонажного материала основной задачей является обеспечение точности дозирования (соблюдения долевого соотношения) и равномерности распределения исходных составляющих смеси во всем объеме конечного продукта. Такая задача трудновыполнима, если смесь готовится непосредственно на буровой [5]. Строительство скважин, как правило, осуществляется на значительном удалении от баз производственного обслуживания. При этом нередко сложно обеспечить своевременный завоз и долговременную сохранность физико-химических свойств исходных материалов и компонентов по причинам, не зависящим от персонала буровых бригад: постоянное изменение природно-климатической

обстановки (температура и влажность атмосферного воздуха в течение всего времени бурения и крепления скважин), отсутствие специальной смесительно-дозировочной техники для приготовления и контроля качества смесей сухих компонентов тампонажных составов на месте выполнения работ и др.

Производство высококачественных сухих магнезиальных тампонажных смесей возможно только на специально подготовленных площадках в закрытых помещениях, оборудованных всеми необходимыми техническими средствами, в том числе средствами оперативного контроля соответствия состава и свойств приготовленной смеси составу и свойствам смеси, предварительно оптимизированной для конкретных условий ее применения.

В настоящее время по заявкам буровых предприятий приготовление сухих смесей магнезиальных тампонажных материалов, разработанных в научно-исследовательской лаборатории «Технологические жидкости для бурения и крепления скважин» (НИЛ ТЖБКС) Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ) [6], осуществляется в заводских условиях в ООО НПФ «Монолит».

Цикл работ от подготовки исходных компонентов изготавливаемых сухих смесей магнезиальных тампонажных материалов до отгрузки готовой продукции потребителю включает следующие этапы:

- входной лабораторный анализ исходных компонентов в НИЛ ТЖБКС с определением фактических значений показателей физико-химических свойств используемой вяжущей основы и модифицирующих добавок;
- оптимизация в НИЛ ТЖБКС состава сухой смеси с учетом горно-геологических, термобарических, климатических условий и технологии её применения;
- передача в ООО НПФ «Монолит» сведений о компонентном составе оптимизированной в НИЛ ТЖБКС сухой смеси;
- подготовка на производственной базе ООО НПФ «Монолит» исходных компонентов и их весовой контроль для приготовления конкретной партии сухой смеси;
- порционная загрузка вяжущей основы и модифицирующих добавок в смесительную установку и перемешивание содержимого для равномерного распределения исходных компонентов в объеме изготавливаемой смеси;
- выгрузка полученного продукта из смесительной установки и фасовка его в герметичные мягкие контейнеры МКР-1;
- отбор из МКР-1 частичных проб и направление в НИЛ ТЖБКС для выполнения анализа их качества;
- лабораторный контроль качества полученной сухой смеси — приготовление и исследование магнезиального тампонажного материала (раствора-камня) на соответствие показателям свойств состава,

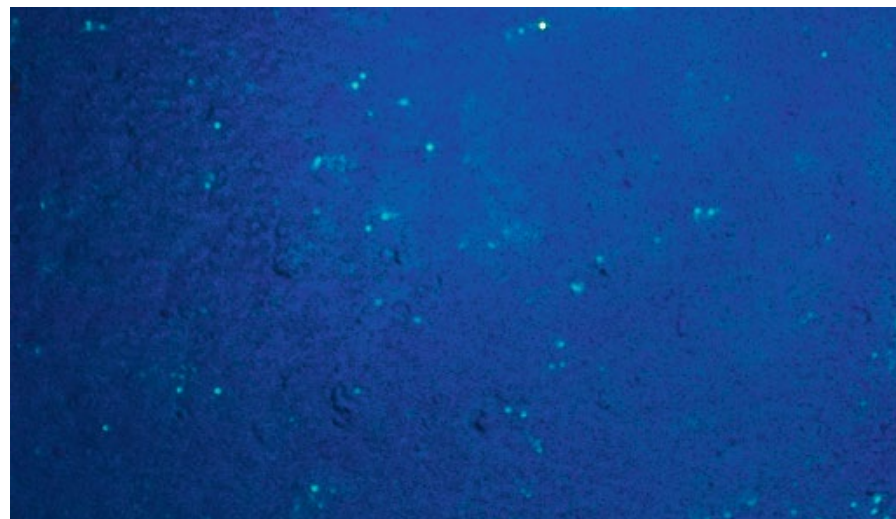


Рис. 1 — Снимок пробы сухой тампонажной смеси с добавкой люмогена (под УФ-лампой)

оптимизированного в НИЛ ТЖБКС;

- выдача заключения о качестве магнетиального тампонажного материала, полученного на основе исследованных проб.

Если по результатам испытаний значения показателей свойств тампонажного материала на основе каждой частичной и составленной из них средней пробы существенно не отличаются друг от друга и от значений показателей свойств тампонажного материала на основе оптимизированной в НИЛ ТЖБКС сухой смеси, то приготовленная сухая смесь считается готовой и может быть отправлена потребителю.

В 2012 году в ООО НПФ «Монолит» было приготовлено более 100 партий сухой смеси магнетиальных тампонажных материалов. Из них для 10 партий по результатам контрольных испытаний потребовалась частичная корректировка состава и времени перемешивания приготовленной сухой смеси до отгрузки потребителю. При этом потребовалось повторить циклы загрузки, перемешивания, фасовки и контроля качества, что привело к значительному удлинению времени производства работ по выпуску продукции, отвечающей заданным требованиям, дополнительному расходу материалов, энергии, рабочего времени и ресурсов, а также к сверхнормативному износу оборудования. В основном доработка этих партий заключалась в повторном перемешивании смеси, связанном с недостаточной гомогенизацией ее компонентов в общем объеме партии, и лишь некоторые партии подверглись корректировке состава.

К настоящему времени степень достигнутой однородности распределения компонентов приготовленной смеси можно установить только по результатам исследования частичных проб в лаборатории, оснащенной комплектом специального оборудования. Этот метод контроля качества, основанный на затворении сухой магнетиальной тампонажной смеси и определении свойств магнетиального тампонажного раствора достаточно трудоемок, требует больших временных затрат, приостановки процесса приготовления сухой смеси. Но без этого пока практически невозможно оперативно и своевременно установить момент достижения равномерного распределения в приготавливаемой смеси всех входящих в нее компонентов.

На сегодня актуальной является задача поиска и внедрения автоматизированного метода оперативного контроля качества приготавливаемой сухой смеси магнетиального тампонажного материала, который гарантировал бы с высокой степенью вероятности установление однородности распределения всех компонентов продукции в объеме партии, выпускаемой за один технологический цикл. Решение поставленной задачи может существенно повысить технико-экономическую эффективность производства сухой тампонажной смеси.

В настоящее время известны [7,8] следующие методы оперативного анализа однородности приготовленных многокомпонентных смесей:

- изотопный;
- люминесцентный.

Изотопный метод анализа однородности смеси основан на вычислении вариации радиоактивности в 20–40 пробах смеси, содержащей какой-либо из изотопов. Изотоп вводится в смеситель с одним из компонентов.

Этот метод требует наличия дорогостоящего оборудования, привлечения специалистов и может выполняться только при соблюдении специальных правил по охране труда при работе с радиоактивными веществами.

В отличие от изотопного метода люминесцентный метод является более безопасным, менее трудоёмким и затратным. Этот метод анализа однородности смеси основывается на введении люмогена в количестве 0,01–0,05% в смесь вместе с дозируемыми веществами. Равномерность распределения люмогена, определяемая по его свечению в ультрафиолетовом спектре (рисунок 1) в отдельных пробах смеси, принимается за оценку качества перемешивания до получения однородной смеси.

Фотоснимки отдельных проб сухой смеси в процессе ее приготовления в электронном виде передаются на компьютер, где в автоматическом режиме с помощью специального программного обеспечения осуществляется их обработка с целью выдачи результата о равномерности распределения компонентов приготавливаемого продукта.

Так как данный метод ранее не применялся для оперативной оценки однородности сухих смесей магнетиальных тампонажных материалов, в НИЛ ТЖБКС были выполнены тестирования по оценке влияния присутствия люмогена на свойства магнетиального тампонажного раствора-камня. Результаты выполненных исследований представлены в таблице 1.

Итоги

Анализ результатов лабораторных тестирований свидетельствует, что присутствие добавки люмогена в количестве до 0,05% от массы сухой тампонажной смеси не повлияет на технологические свойства магнетиального тампонажного раствора и физико-механические свойства формирующегося цементного камня.

Результаты выполненных лабораторных исследований, свидетельствующие об отсутствии негативного воздействия при его применении на свойства получаемого магнетиального тампонажного раствора-камня, дали основание применить предлагаемый метод в тестовом режиме в производственных условиях ООО НПФ «Монолит».

Материалы и методы

Люминесцентный анализ оценки однородности сухих смесей основан на определении равномерности распределения люмогена по его свечению в ультрафиолетовом спектре в отдельных пробах смеси. Влияние люмогена на свойства получаемого магнетиального раствора-камня выполнено по ISO 10426-2 с использованием оборудования Chandler Engineering, Tecnotest, Fann Instrument Company, ELE International и по методикам, принятым в РФ.

Ключевые слова

магнетиальный тампонажный материал, сухая смесь, люминесцентный анализ, гомогенизация

№ п/п	Показатели*	Значение		
		с люмогеном (0,025%)	с люмогеном (0,05%)	без добавок
Тампонажный раствор				
1	Плотность, кг/м³	1768	1767	1770
2	Условная вязкость УВ100, с	35	35	36
3	Начальная консистенция, Вс	3,0	3,0	3,0
4	Стабильность, кг/м³	14	11	25
5	Пластическая вязкость, сПз	343,7	342,0	348,8
6	Динамическое напряжение сдвига, дПа	16,9	16,8	17,6
7	Водоотделение (свободный флюид), %	0	0	0
8	Время загустевания до 70 Вс, ч-мин	2-17	2-21	2-18
9	Сроки схватывания, ч-мин начало конец	5-50 6-10	5-45 6-05	5-50 6-10
Цементный камень (через 48ч)				
10	Прочность при изгибе, МПа	10,35	10,02	10,47
11	Прочность сцепления с металлической огибающей поверхностью, МПа	2,11	2,21	2,19
12	Увеличение объёма, %	0,37	0,38	0,40

* тестирование выполнено при температуре 20±1°C

Таб. 1 — Результаты сравнительных лабораторных тестирований МТМ

Выводы

Полученные результаты дают основание приступить к следующему этапу исследований — выполнить оценку эффективности применения автоматизированного метода люминесцентного анализа для повышения оперативности оценки распределения составляющих компонентов в сухих смесях магнезиальных тампонажных материалов в производственных условиях их приготовления в ООО НПФ «Монолит».

Список используемой литературы

1. Толкачев Г.М., Дулепов Ю.А., Шилов А.М., Мордвинов В.А. Применение магнезиальных цемента в бурении скважин и добыча нефти. М.: ЦП НТО НГПИ им. академика И.М. Губкина, 1987. 45 с.
2. Толкачев Г.М., Шилов А.М., Козлов А.С.

Магнезиальный тампонажный материал для цементирования эксплуатационных колонн в скважинах Талаканского НГКМ // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2009. №10. С. 20–23.

3. Толкачев Г.М., Козлов А.С. Технологии и опыт строительства скважин для решения задач освоения месторождений нефти и калийных руд // Горное оборудование и электромеханика. 2011. №12. С. 29–32.
4. Толкачев Г.М., Козлов А.С., Анисимова А.В., Пастухов А.М. Магнезиальный тампонажный материал как альтернатива портландцементным тампонажным составам для повышения качества крепления скважин на Верхне-Чонском НГКМ // Бурение и нефть. 2012. №12. С. 32–37.
5. Толкачев Г.М., Шилов А.М., Козлов А.С.,

Угольников Ю.С. Мялицин В.А., Бортников С.А., Коптев И.Р. Приготовление сухих смесей магнезиальных тампонажных материалов в стационарных условиях // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2008. №8. С. 43–45.

6. Толкачев Г.М., Козлов А.С. Научно-исследовательская лаборатория «Технологические жидкости для бурения и крепления скважин» // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2011. №10. С. 7–9.
7. Головина А.П., Левшин Л.В. Химический люминесцентный анализ неорганических веществ. М.: Химия, 1978. 248 с.
8. Рябчикова И.Д., Чернышева И.В. Масс-спектрометрия и изотопная геология. М., 1983.

ENGLISH

DRILLING

Improvement of component distribution estimation immediacy in magnesia oil-well cement blends

UDC 622.245.422+666.9.03

Authors:

Georgy M. Tolkachev — member¹, dr. sc., professor, leading researcher²; bngs@pstu.ru

Aleksandr S. Kozlov — dr. sc., senior staff scientist²; bngs014@pstu.ru

Alisa V. Anisimova — post-graduate student, junior researcher²; bngs010@pstu.ru

Mariya V. Malimon — undergraduate², engineer²; monoceros@mail.ru

Sergey A. Bortnikov — director³; monolitsab@mail.ru

¹IAELPS, Saint-Petersburg, Russian Federation

²Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

³Scientific production company "Monolit" Ltd, Perm, Russian Federation

Abstract

Production cycle of magnesia oil-well cement blends is described. They are successfully employed for casing cementing in oil and gas wells, their cross-section is complicated by presence of water-soluble salts. Causes decreasing the production efficiency are found and an operative method of producible blends quality estimation permitting to reduce the production cycle period and cost of the production is offered. Conducted laboratory research results indicates that there is no negative influence on magnesia oil well cement slurry and stone properties and the results give grounds for testing of this method in production conditions of Ltd scientific production company "Monolit".

Materials and methods

Fluorimetric analysis evaluating uniformity of blends is based on the definition of the uniform distribution of luminogen in his glow in the ultraviolet spectrum in some samples of the blend. Influence of luminogen on the properties of magnesia slurry-stone are conducted by ISO 10426-2, using equipment Chandler Engineering, Tecnotest, Fann Instrument Company, ELE International and according to the procedures adopted in the Russian Federation.

Results

Analysis of the laboratory testing results indicates that the presence of luminogen additives in an amount up to 0.05% of the weight of the oil-well cement blend

does not affect the processing properties of magnesia cement slurry and physico-mechanical properties of the forming cement stone.

Conclusions

The results provide a basis to proceed to the next stage of research - Evaluate the effectiveness of the automated method of fluorimetric analysis to improve the efficiency of estimates of the components distribution in blends of magnesia cement materials in the production conditions of their preparation in the SPF "Monolit".

Keywords

magnesia oil-well cement, blends, fluorimetric analysis, homogenization

References

1. Tolkachev G.M., Dulepov Yu.A., Shilov A.M., Mordvinov V.A. *Primenenie magnezial'nykh tsementov v burenii skvazhin i dobyche nefi* [Usage of magnesia cements in well drilling and oil extraction]. Moscow: TSP NTO NGP im. Akademika I.M. Gubkina, 1987, 45 p.
2. Tolkachev G.M., Shilov A.M., Kozlov A.S. *Magnezial'nyy tamponazhnyy material dlya tsementirovaniya ekspluatatsionnykh kolonn v skvazhinakh Talakanskogo NGKM* [Magnesia oil-well cement for casing cementing in Talakansk OGCF wells]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2009, issue 10, pp. 20–23.
3. Tolkachev G.M., Kozlov A.S. *Tekhnologii i opyt stroitel'sta skvazhin dlya resheniya zadach osvoeniya mestorozhdeniy nefi i kaliynnykh rud* [Technologies and experience of well

- construction for problem solving of oil and potassium ore field development]. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*, 2011, issue 12, pp. 29–32.
4. Tolkachev G.M., Kozlov A.S., Anisimova A.V., Pastukhov A.M. *Magnezial'nyy tamponazhnyy material kak al'ternativa portlandtsementnym tamponazhnym sostavam dlya povysheniya kachestva krepneniya skvazhin na Verkhnechonskom NGKM* [Magnesia oil-well material as an alternative to portland cement for improvement of well casing quality on Verkhnechonsky OGCF]. *Burenie i nef't*, 2012, issue 12, pp. 32–37.
5. Tolkachev G.M., Shilov A.M., Kozlov A.S., Ugol'nikov Yu.S., Myalitsin V.A., Bortnikov S.A., Koptev I.R. *Prigotovlenie sukhikh smesey magnezial'nykh tamponazhnykh materialov v stacionarnykh usloviyakh* [Preparation of magnesia oil-well cement blends in stationary

- conditions]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2008, issue 8, pp. 43–45.
6. Tolkachev G.M., Kozlov A.S. *Nauchno-issledovatel'skaya laboratoriya "Tekhnologicheskie zhidkosti dlya bureniya i krepneniya skvazhin"* [Scientific laboratory "Technological liquids for well drilling and casing"]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2011, issue 10, pp. 7–9.
7. Golovina A.P., Levshin L.V. *Khimicheskii lyuminesstentnyy analiz neorganicheskikh veshchestv* [Chemical fluorimetric analysis of inorganic matters]. Moscow: *Khimiya*, 1978, 248 p.
8. Ryabchikova I.D., Chernysheva I.V. *Mass-spektrometriya i izotopnaya geologiya* [Mass spectrometry and isotopic geology]. Moscow, 1983.