УДК 622.245.422.6

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО СОСТАВА УТЯЖЕЛЕННОГО ТАМПОНАЖНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН В УСЛОВИЯХ АВПД

♦♦♦♦♦

ON THE DEVELOPMENT OF A CORROSION RESISTANT HEAVY WEIGHT CEMENTING MATERIAL FOR CASING CEMENTING UNDER ABNORMALLY HIGH FORMATION PRESSURE CONDITIONS

Азанов Александр Сергеевич
инженер кафедры нефтегазовые технологии,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
a.azanov@pstu.ru

Козлов Александр Сергеевич
кандидат технических наук,
доцент кафедры нефтегазовые технологии,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
bngs014@pstu.ru

Аннотация. В статье рассмотрена актуальность и возможность применения магнезиального вяжущего в качестве основы для приготовления коррозионностойкого утяжеленного тампонажного материала, предназначенного для цементирования обсадных колонн в скважинах, геологический разрез которых характеризуется наличием водорастворимых солей и зон с аномально высоким пластовым давлением (АВПД). Обоснован выбор утяжелителя – баритового концентрата. Разработан состав утяжеленного тампонажного материала, представленный магнезиально-баритовой сухой тампонажной смесью и жидкостью затворения – водным раствором хлористого магния. Приведены результаты лабораторных исследований, позволяющие рекомендовать разработанный состав к использованию в опытном порядке для оценки возможности повышения качества цементирования обсадных колонн в разрезе, осложненном наличием соленосных горных пород и зон АВПД.

Ключевые слова: утяжеленный тампонажный материал, магнезиальное вяжущее, цементирование обсадных колонн, АВПД, водорастворимые соли.

Azanov Aleksandr Sergeevich
Engineer of the Department of Oil and Gas Technologies,
Perm National Research Polytechnic University
a.azanov@pstu.ru

Kozlov Alexander Sergeevich
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Oil and Gas Technologies,
Perm National Research Polytechnic University
bngs014@pstu.ru

Annotation. The article discusses the relevance and possibility of using magnesia binder as a basis for preparing corrosion-resistant heavy-duty plugging material intended for cementing of casing strings in wells, the geological section of which is characterized by the presence of water-soluble salts and zones with abnormally high reservoir pressure (AVPD). The choice of the weighting agent – barite concentrate is substantiated. A composition of a weighted plugging material has been developed, represented by a magnesia-barite dry plugging mixture and a mixing liquid – an aqueous solution of magnesium chloride. The results of laboratory studies are presented, allowing the developed composition to be recommended for experimental use in order to assess the possibility of improving the quality of casing cementing in a section complicated by the presence of salt-bearing rocks and zones of high-pressure zones.

Keywords: weighted plugging material, magnesia binder, casing cementing, AVDP, water-soluble salts.

Строительство скважин в Восточной Сибири может быть сопряжено с вскрытием отложений водорастворимых солей и рапосодержащих пластов, характеризующихся АВПД.

В частности, на территории Иркутской области строительство поисково-оценочных скважин на Знаменском лицензионном участке осложнено наличием зон АВПД, приуроченных к вскрытию межсолевых рапоносных пластов усольской свиты с коэффициентом аномальности более 2 и динамической температурой в цементируемом интервале до 45 °С. Минерализация рапы колеблется в диапазоне от 320 до 430 кг/м^3. На северо-востоке, по соседству расположено Ковыктинское газоконденсатное месторождение, где отмечается схожий характер осложнений.

Цементирование обсадных колонн в условиях АВПД относится к числу сложных технологических операций, безопасное выполнение которых требует применения утяжеленных тампонажных растворов. Присутствие в разрезе водорастворимых солей

и/или высокоминерализованных пластовых вод-рассолов является дополнительным осложняющим фактором, обуславливающим необходимость засолонения традиционно используемых тампонажных портландцементов для предотвращения растворения стенок скважин, сложенных соляными породами. При этом, тампонажную смесь необходимо затворять насыщенными (близкими к насыщению) водными растворами тех же солей [1]. Применение на практике такого технологического приема может приводить к получению раствора-камня с эксплуатационными характеристиками, не позволяющими качественно выполнить работы по цементированию, обеспечить надежность и герметичность крепи.

Для достижения высокого качества цементирования обсадных колонн в таких условиях, тампонажный раствор, наряду с «базовыми» показателями свойств (плотность, растекаемость, водоотделение, сроки загустевания и схватывания) должен быть седиментационно устойчив, сохраняя при этом приемлемые реологические характеристики для его безаварийного размещения в требуемом интервале ствола скважины/затрубного пространства.

Сформированный цементный камень должен характеризоваться отсутствием усадки (расширением), коррозионной стойкостью в контакте с минерализованными пластовыми водами и высокой адгезией к солям разреза и к металлу обсадных труб. Получение достаточно прочных связей между цементным камнем и соляными породами достижимо лишь в случае химического подобия или родства солей и применяемых тампонажных материалов [2]. Возможное решение проблемы повышения качества цементирования обсадных колонн, перекрывающих отложения солей и зоны АВПД – использование утяжеленного тампонажного материала на основе магнезиального вяжущего. Известно, что магнезиальные цементы, представляющие собой продукт химической реакции взаимодействия оксида магния (MgO) с водным раствором хлорида магния ($MgCl_2$), при затвердевании на контакте с водорастворимыми природными солями: галитом, карналлитом, бишофитом и сильвинитом, формируют цементный камень, образующий прочную на кристаллохимическом уровне связь. Помимо этого, магнезиальные цементы характеризуются и высокой стойкостью в контакте с водными растворами этих солей [3].

С целью подтверждения возможности получения утяжеленного тампонажного материала на основе магнезиального вяжущего (УМТМ) были проведены лабораторные исследования с использованием в качестве вяжущего компонента – оксида магния каустического. Результаты выполненных исследований представлены в таблице.

Для получения тампонажного раствора плотностью 2300 кг/м³ [4] необходимо введение в его состав утяжеляющей добавки. В числе доступных минеральных утяжелителей наиболее распространены барит ($BaSO_4$), гематит (Fe_2O_3), магнетит (Fe_3O_4). Из них барит обладает рядом преимуществ. Во-первых, барит является более доступным и дешевым материалом по сравнению с другими утяжелителями. Во-вторых, барит проявляет химическую инертность, не вступая в нежелательные реакции с компонентами раствора и пластовыми флюидами, в том числе с кислыми. В-третьих, барит характеризуется меньшей абразивностью, что уменьшает износ насосного и цементировочного оборудования. На основании изложенного в качестве утяжелителя для разрабатываемого состава выбран барит.

В качестве модифицирующих реагентов в состав разрабатываемого тампонажного материала, предназначенных для регулирования времени загустевания, сроков схватывания и фильтрационных свойств тампонажного раствора, а также обеспечивающих расширение и коррозионную стойкость цементного камня, были использованы функциональные фосфатные добавки.

Таблица 1 – Результаты исследований свойств тампонажного раствора-камня УМТМ

Показатели свойств	Значение
1	2
Тампонажный раствор Плотность, кг/м^3 Малая условная вязкость УВ100, с	 2300 54

Окончание таблицы 1

1	2
Растекаемость, мм	230
Водоотделение, $см_3$	0
Седиментационная устойчивость, кг/м^3	30
Пластическая вязкость, мПа × с	318
Динамическое напряжение сдвига, дПа	46
Время загустевания до 50 Вс при температуре 50 °С, ч-мин	2–20
Сроки схватывания при температуре 50 °С, ч-мин:	
начало	2–50
конец	3–10
Цементный камень в возрасте 24 ч при температуре 50 °С	
Предел прочности при изгибе, МПа	6,0
Предел прочности при сжатии, МПа	12,0
Увеличение объема цементного камня в возрасте 24/48/168 ч, %	0,15/0,25/0,4

В результате проведения научно-исследовательской работы разработан состав утяжеленного магнезиального тампонажного материала, раствор которого характеризуется плотностью 2300 кг/м^3, удовлетворительными реологическими характеристиками и устойчивостью к седиментации.

Следует отметить, что эффективность изоляции флюидопроявляющих пластов с АВПД в определенной степени зависит от времени загустевания и схватывания тампонажного раствора. Раствор создает гидростатическое давление, противодействующее пластовому, тогда как формирующийся камень утрачивает способность к его передаче. Таким образом, длительный процесс загустевания тампонажного раствора может быть причиной повторного проявления флюида. Магнезиальные цементы отличаются «лавинообразным» характером загустевания и схватывания (рис. 1), завершающимися за время от нескольких до десятков минут с последующим быстрым формированием цементного камня, что способствует предотвращению прорыва флюида по заколонному пространству скважины в период ожидания затвердевания цемента [5].

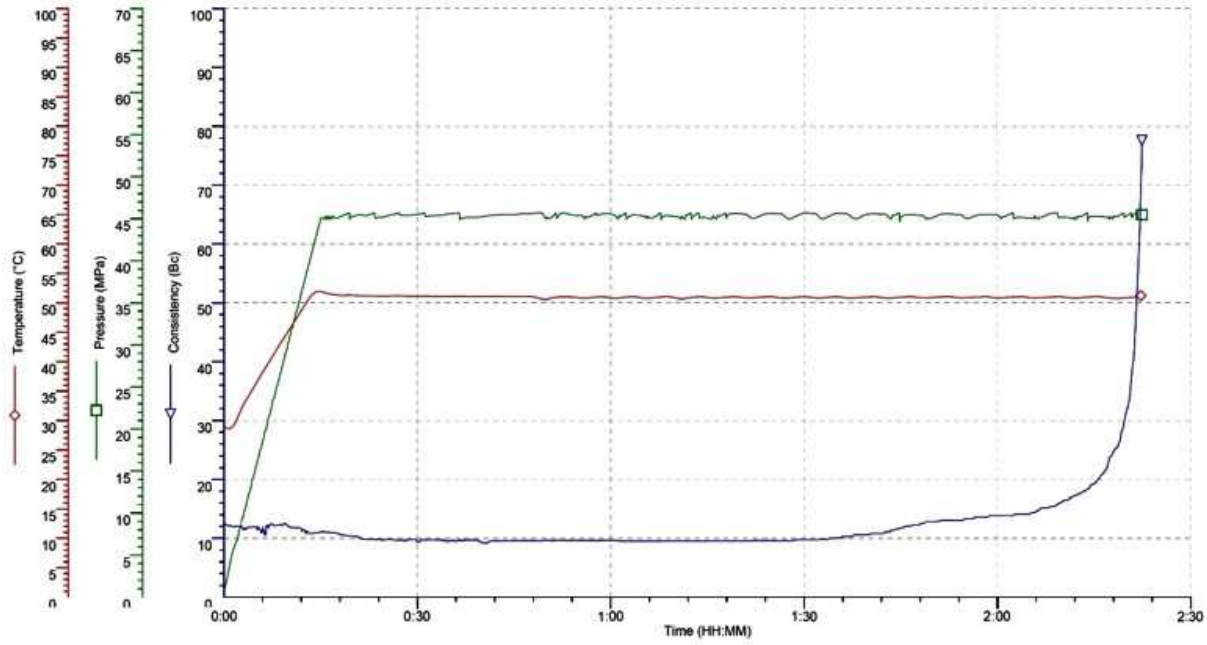

Рисунок 1 – Динамика загустевания раствора УМТМ

Установленные в ходе исследований свойства полученного состава тампонажного материала дают основания прогнозировать при производстве цементировочных работ возможность улучшения качества цементирования обсадных колонн в скважи-

нах, геологический разрез которых характеризуется наличием водорастворимых солей, высокоминерализованных пластовых вод-рассолов и зон АВПД за счет долговременной сохранности герметичности их крепи.

Литература

1. Бакшутов В.С. Минерализованные тампонажные растворы для цементирования скважин в сложных условиях. – М. : Недра, 1986. – 272 с.
2. Бурение и крепление в соленосных отложениях: тематические научно-технические обзоры. Сер. Бурение / А.Н. Ананьев [и др.]. – М. : ВНИИОЭНГ, 1972.
3. Толкачев Г.М. Перспективы использования магнезиальных тампонажных материалов при освоении недр подземными горными выработками / Г.М. Толкачев [и др.] // Вестник КРСУ. – 2016. – Т. 16. – № 1.
4. Данюшевский В.С. Справочное руководство по тампонажным материалам / В.С. Данюшевский, Р.М. Алиев, И.Ф. Толстых. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1987. – 373 с.
5. Козлов А.С. Об использовании магнезиальных цементов при строительстве нефтяных и газовых скважин / А.С. Козлов, А.М. Пастухов, Н. В. Козлов. // Нефть. Газ. Новации. – 2021. – № 8. – С. 8–12.

References

1. Bakshutov V.S. Mineralized Cementing Slurries for Well Cementing in Difficult Conditions. – M. : Nedra, 1986. 272 p.
2. Drilling and Well Completion in Salt Deposits: Thematic Scientific and Technical Reviews. Drilling Series / A.N. Ananyev [et al.]. – M. : VNIIOENG, 1972.
3. Prospects of Using Magnesia Cementing Materials in Underground Mining / G.M Tolkachev [et al.] // Bulletin of KRSU. – 2016. – Vol. 16. – № 1.
4. Danyushevsky V.S. Reference Guide on Cementing Materials / V.S. Danyushevsky, R.M. Aliev, I.F. Tolstykh. – 2nd ed., revised and enlarged. – M. : Nedra, 1987. – 373 p.
5. Kozlov A.S. On the Use of Magnesia Cements in Oil and Gas Well Construction / A.S. Kozlov, A.M. Pastukhov, N.V. Kozlov // Oil. Gas. Innovations. – 2021. – № 8. – P. 8–12.