

12. Оценка качества порошков сверхтвердых материалов. – ч. 2: Практическое применение нового метода оценки характеристик качества / Н. В. Новиков, Г. Ф. Невструев, Г. Д. Ильницкая и др. // Сверхтвердые матер. – 2006. – № 6. – С. 58–67.
13. Пат. 85284 України, МПК В03С 7/00, В03С 1/00. Спосіб розподілу зернистого матеріалу за дефектністю поверхні зерен / М. В. Новіков, Г. Д. Ільницька, Г. П. Богатирьова, Г. Ф. Невструєв. – Заявл. 05.04.07; Опубл. 12.01.09; Бюл. № 1.
14. М88 Украины 90.258-2004. Методика определения коэффициента поверхностной активности порошков сверхтвердых материалов. К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – 11 с.
15. Loubser J. H. A., Wik J. A. Electron spin resonance in the study of diamond // Rep. Progr. Phys. – 1978. – 41. – P. 1201–1248.
16. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. Книга 1 / Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., и др. – М.: Мир, 1984. – 303 с.
17. М88 Украины 90.256-2004. Методика определения удельной магнитной восприимчивости порошков сверхтвердых материалов. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – 9 с.
18. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном инструменте / Р. К. Богданов, А. П. Загора, А. М. Исонкин и др. – Екатеринбург: УГГГА, 2003. – 138 с.

Поступила 24.05.17

УДК 622.245.42

А. М. Исмаилов¹; О. Э. Багиров¹, П. М. Гулизаде², кандидаты технических наук;
Г. А. Беклярова²

*ООО «SOCAR-AQS», г. Баку, Азербайджан
Азербайджанский индустриальный институт (АЗИИ) – АГНА, г. Баку*

О ВЛИЯНИИ ПАРАМЕТРОВ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА НА КАЧЕСТВА КРЕПЛЕНИЯ

Рассмотрено влияние параметров цементного раствора на качества крепления скважин, являющегося завершающим, наиболее сложным и ответственным технологическим процессом, от качества выполнения которого в значительной степени зависит успешность строительства скважины, ее продуктивность и долговечность.

Ключевые слова: скважина, крепление, цементный раствор, герметизация

Необходимость наращивания и стабилизации добычи углеводородного сырья на уровне, обеспечивающем экономическую и политическую безопасность, требует расширения объемов строительства скважин на месторождениях нефти и газа со сложными горно-геологическими условиями. Одним из путей повышения эффективности и качества строительства скважин является предупреждение осложнений и сокращение затрат времени и материалов на их ликвидацию как при бурении, так и на стадии завершения строительства скважин.

Крепление скважин – завершающий, наиболее сложный и ответственный технологический процесс, от качества выполнения которого в значительной степени зависит успешность строительства скважины, ее продуктивность и долговечность. В настоящее время тенденции, связанные с увеличением объемов эксплуатационного бурения, освоением месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, а также новых месторождений

со сложными геолого-техническими условиями, указывают на необходимость решения существующих проблем в области качества крепления нефтяных и газовых скважин, и этот вопрос становится все более актуальным. Отсутствие качественного и долговременного разобщения пластов, межколонные и межпластовые нефтегазопрооявления и перетоки, поглощения и недоподъем цементного раствора на заданную высоту – все эти осложнения приводят к снижению продуктивности пробуренных скважин и эффективности разработки месторождения в целом, увеличению затрат на ремонтные работы при освоении и эксплуатации скважины. Для качественного крепления скважины необходимо на всех этапах – от подготовки ствола скважины до спуска обсадной колонны и ее дальнейшего цементирования – обеспечить грамотный подбор применяемых для осуществления этих операций технологий, оборудования и материалов.

Особый интерес представляют осложнения, возникающие при креплении скважин, особенно в сложных геологических условиях. Как показывает анализ результатов цементирования скважин, наиболее часто встречаются такие осложнения, как поглощение бурового или тампонажного раствора, преждевременное заустевание тампонажного раствора, невозможность прокачивания расчетного объема продавочной жидкости, недоподъем цементного раствора до проектной высоты. Устранение последствий осложнений такого рода требует больших затрат времени и материалов, а иногда приводит к ликвидации скважин.

Пригодность тампонажных растворов к прокачиванию для цементирования скважин определяется началом схватывания. Температура – главный фактор, резко изменяющий сроки схватывания и продолжительность загустевания тампонажных растворов. Давление влияет в меньшей степени. С повышением давления от атмосферного до 60 МПа продолжительность схватывания сокращается более чем вдвое. При одновременном воздействии температуры и давления сокращение продолжительности схватывания ещё больше.

Плотность тампонажных растворов для конкретного цемента зависит от водоцементного отношения. Повышение плотности тампонажного раствора за счет уменьшения водоцементного отношения ограничивается его способностью прокачиваться и временем загустевания, которое при этом сокращается. Опыт показывает, что необходимыми условиями, которым должны удовлетворять утяжелители для повышения плотности тампонажных растворов, являются чистота от водопотребных примесей и относительно малая удельная поверхность. Для снижения плотности тампонажных растворов можно ввести в тампонажный раствор газ–воздух, воды затворения (со структурообразователями) или добавки с невысокой плотностью, применить вяжущие вещества с низкой плотностью.

Интегральным показателем качества цементного камня считают механическую прочность. Применительно к разобщению пластов, проходимых скважиной, такое мнение не всегда обосновано. Очень важно обеспечить получение непроницаемого коррозионностойкого камня, формирующегося без усадки.

На проницаемость цементных образцов первостепенное влияние оказывает температура. Давление при сниженной температуре способствует понижению проницаемости образцов, при высокой температуре не влияет либо несколько повышает ее. На изменение проницаемости цементного камня значительно влияет водоцементное отношение. Только применение кварцевых добавок способствует снижению проницаемости цементного камня, отвердевшего при высокой температуре и высоком давлении, до значений близких к нулю.

Качественную изоляцию продуктивных горизонтов и крепление стенки скважин часто связывают со сцеплением твердеющего цементного раствора и камня с породами, составляющими разрез скважины, и металлом обсадных труб, что не совсем верно. Однако наиболее важными и труднейшими вопросами остаются нормы и требования к этому параметру. Процессы взаимодействия цемента с металлом и породой сложны. Они определяются как физико-химическими свойствами цемента, природой металла и пород,

адгезией, так и условиями твердения цементного раствора. Рентгеновский анализ позволил установить, что в контактном слое цемента с железом происходят реакции, сопровождающиеся образованием полукальциевого феррита, благодаря уплотнению и старению которого с течением времени сцепление возрастает.

Определенную роль в изменении теплового режима скважины в период ОЗЦ играют тепловыделение тампонажного материала и его теплофизические свойства. Колебания температуры в гидратирующем цементе обусловлены физико-химическими превращениями, которые характеризуют интенсивность реакций, их глубину и физическое состояние системы. В условиях теплообмена с окружающей средой абсолютное значение колебаний температуры в период ОЗЦ в реальной скважине зависит не только от тепловыделения и теплофизических свойств тампонажного материала, но и от его количества на единицу длину ствола, распределения его по кольцевому пространству и условий взаимодействия с пластами. Термохимические свойства тампонажных цементов существенно зависят от состава и тонкости помола цемента, содержания и химико-минералогического состава наполнителей, химических реагентов и их количества, водоцементного отношения, условий твердения тампонажного раствора и др. С достаточной для практики точностью принимается, что количество теплоты, выделяющейся при твердении тампонажного раствора, пропорционально массе образовавшихся в результате гидратации продуктов. Пластифицирующие добавки создают препятствие для проникновения воды к цементным частицам в начале процесса, в результате чего замедляется процесс гидратации цемента. На скорость тепловыделения существенно влияют температурные условия твердения цементного раствора.

Значительное количество воды для затворения тампонажных цементов, приводит к чрезвычайно нежелательным последствиям для герметизации заколонного пространства и разобщения пластов. С течением времени при твердении цементного раствора поровое давление снижается. Это подтверждается лабораторными и промышленными исследованиями. Процесс снижения порового давления тампонажного раствора, наблюдаемый на стендах, исследователями описан качественно. В общем случае сразу после продавливания тампонажного раствора в заколонное пространство прочностные связи между частицами слабые. Твердая фаза раствора находится во взвешенном состоянии и оказывает давление на поровую жидкость. Это состояние не устойчивое, и система стремится к равновесию. Твердые частицы под действием силы тяжести стремятся седиментировать. Но в отличие от зерен кварцевого песка при его малой концентрации в воде смоченные и начавшие гидратировать частицы цемента оседают, цепляясь друг за друга, на стенки скважины и обсадной колонны. Седиментация в тампонажных растворах подчиняются не закону Стокса, а законам течения в капиллярно-пористых телах. Высокая водоотдача, седиментационная неустойчивость тампонажных растворов являются причиной образования каналов в заколонном пространстве, заполненных вначале водой затворения и затем освобождающихся от нее вследствие эффекта контракции. Водоотдача (фильтрация) – это движение фильтрата тампонажного раствора через проницаемую перегородку под действием перепада давления. Скорость фильтрации прямо пропорциональна перепаду давления возле фильтровальной перегородки и обратно пропорциональна сопротивлению, испытываемому жидкостью при движении через перегородку и слой образовавшегося осадка. В реальных процессах фильтрации, к которым относится фильтрация тампонажных растворов, наблюдаются закупорка пор и образование осадка. Для тампонажных растворов водоотдача с течением времени затухает. Однако она очень велика в начальной стадии, поэтому необходимо стремиться уменьшить ее до момента, когда раствор будет обладать некоторой структурой определенной прочности, способной удерживать воду.

При гидратации цемента сокращается физический объем системы цемент – вода вследствие образования продуктов меньшего физического объема, чем сумма физических

объемов исходных веществ. Это явление названо контракцией (стягиванием объема). Применительно к решению проблемы газопроявлений при креплении скважин привлекает внимание изучение внешнего эффекта контракции – разрежение в твердеющем цементном растворе – камне, при затвердевании цементный раствор – камень развивает вакуум, что является причиной засасывания флюида. С повышением температуры контракция возрастает, особенно в первой стадии. В дальнейшем скорость контракции стабилизируется. Установлено, что с увеличением температуры за равные промежутки времени количество поступающей в цементный раствор воды увеличивается. За определенный отрезок времени количество поглощенной воды цементами из фильтрационной корки (раствора) при высокой температуре в несколько раз больше, чем при нормальных температурных условиях, так как происходит более глубокая гидратация цемента. Установлено, что каналы в фильтрационной корке (растворе) образуются значительно раньше полного ее обезвоживания. Тем не менее процесс поглощения воды твердеющим цементным раствором из бурового раствора и через него будет продолжаться, а каналы позволят проникать газу из пласта. Пристеночный, контактирующий с металлом слой бурового раствора обезвоживается, превращаясь в трещиноватую высокопроницаемую массу под действием вакуума, создающегося при твердении цементного камня. При повышении температуры эффект контракции цемента проявляется интенсивнее.

К мероприятиям, снижающим интенсивность образования каналов и обезвоживания бурового раствора и корки, относятся следующие: применение тампонажных материалов с сниженным контракционным эффектом; использование наполнителей в тампонажных растворах, снижающих общий эффект контракции материала в результате уменьшения содержания вяжущего в единице объема; применение специальных или буферных жидкостей перед цементным раствором, отверждающих фильтрационную корку; использование реагентов, снижающих величину или скорость контракционного эффекта в тампонажном растворе. Однако кардинальным мероприятием, предупреждающим образование каналов в невытесненном буровом растворе и корке, является полное замещение бурового раствора цементным.

Розглянуто вплив параметрів цементного розчину на якість кріплення свердловин, яке є завершальним, найбільш складним і відповідальним технологічним процесом, від якості виконання якого в значній мірі залежить успішність будівництва свердловини, її продуктивність і довговічність.

Ключові слова: *свердловина, кріплення, цементний розчин, герметизація*

ON THE EFFECT OF CEMENT SOLUTION PARAMETERS ON THE QUALITY OF MOUNTING

The influence of cement mortar parameters on the quality of fastening of wells, which is the final, most complex and responsible technological process, on the quality of performance of which depends to a great extent on the success of the well construction, its productivity and durability is considered.

Key words: *borehole, fastening, cement mortar, sealing*

Поступила 29.08.16