



УДК 5622.245.422

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРБУЛИЗИРУЮЩЕ-АБРАЗИВНОЙ ДОБАВКИ В БУФЕРНЫЕ ЖИДКОСТИ «СДИР»

INVESTIGATION OF THE EFFICIENCY OF THE TURBULIZING-ABRASIVE ADDITIVE IN BUFFER LIQUIDS «SDIR»

Лышко Георгий Николаевич

кандидат технических наук, директор,
ООО «БурениеСервис»
burserv@mail.ru

Лышко Олег Георгиевич

ведущий инженер,
Филиал «Краснодар бурение» ООО «Газпром бурение»
ole13@mail.ru

Лышко Александр Георгиевич

заместитель директора,
ООО «БурениеСервис»
burserv@mail.ru

Аннотация. Создана лабораторная установка для исследования моющей – абразивного действия буферных жидкостей, применяемых при цементировании обсадных колонн в скважинах. В отличие от известных установок, предназначенных для тех же целей, в новой установке значительно в большей степени соблюдается геометрическое, гидравлическое и технологическое подобие реальным условиям. Проведенные на установке исследования показали, что эффективность действия буферных жидкостей по удалению и вытеснению глинистых и других остатков из цементуемого заколонного пространства скважины можно существенно повысить, введя в жидкости предложенную авторами турбулизирующую абразивную добавку «СДИР».

Ключевые слова: скважина, цементирование обсадной колонны, кольцевое пространство, буферная жидкость, удаление бурового раствора.

Lyshko Georgiy Nikolaevich

Candidate of Technical Sciences,
Director,
BurenieServis LLC,
burserv@mail.ru

Lyshko Oleg Georgievich

Leading Engineer,
Branch «Krasnodar burenie»
LLC «Gazprom burenie»
ole13@mail.ru

Lyshko Alexander Georgievich

Deputy Director,
ООО BurenieServis
burserv@mail.ru

Annotation. A laboratory installation has been created to investigate the washing-abrasive action of buffer liquids used in cementing casing strings in wells. Unlike the known installations intended for the same purposes, in the new installation the geometrical, hydraulic and technological similarity to the real conditions is observed to a great extent. The studies carried out on the installation showed that the effectiveness of the action of buffer liquids in removing and displacing clay and other residues from the annular of the well can be significantly increased by adding in the liquid the turbulent abrasive additive proposed by the authors.

Keywords: well, casing cementation, annular, buffer liquid, mud removal.

Одним из важных факторов, определяющих вероятность достижения и сохранения на длительный срок герметичности зацементированного заколонного пространства скважины, является степень вытеснения и вымыва остатков бурового раствора, глинистых и других отложений и замещения их тампонажным раствором в процессе цементирования обсадной колонны.

Для максимальной очистки заколонного пространства, помимо прочих приемов, стремятся придать буферным жидкостям способность создавать турбулентный поток при малых скоростях течения, разжижать, разрушать, смывать и вытеснять остатки бурового раствора, глинистых отложений, полимерной, углеводородной пленки на поверхности обсадных труб и пород, рыхлой части слоя набухших глинистых пород и фильтрационной корки бурового раствора, или хотя бы ее верхней рыхлой части. Для усиления названных свойств буферных жидкостей в них вводят химические «моющие» компоненты (поверхностно-активные вещества, коагулянты, диспергаторы, разжижители), а для еще большего повышения эффективности буферных жидкостей – твердые добавки, выполняющие роль турбулизаторов потока и эрозионного агента: цемент, золу, вермикулит, резиновую крошку, волокна, древесные опилки. См., например, [1].

Для оценки моющих и эрозионных свойств буферных жидкостей применяют лабораторные установки различных конструкций [2–7]. Установки имеют емкость, в которую помещают или в которой формируют мишень – глинистую корку, наливают испытываемую буферную жидкость и приводят последнюю в движение, чаще всего круговое с помощью лопасти, цилиндра или диска. По потере массы или толщины глинистой корки-пленки, или по увеличению массы жидкости, или по уменьшению ее светопрозрачности судят об эффективности буферной жидкости. Но, по мнению авторов, в известных испытательных установках при проведении опытов не имитируют влияние гравитации и гидравлические условия при движении моющей буферной жидкости в заколонном пространстве скважины, а так же не имитируют насыщение буферной жидкости глиной, обычно происходящее еще в колонне



обсадных труб. А это важные факторы, влияющие на результат воздействия буферной жидкости на глинистые остатки в цементируемом заколонном пространстве скважины. Поэтому полученные при таких испытаниях результаты малоинформативны, а скорее недостоверны. Исследования же моющих буферных жидкостей, проведенные при моделировании градиентов скорости сдвига, например, при использовании для этих целей ротационных вискозиметров, имеющих соответствующие соотношения диаметров вращающегося с заданной скоростью цилиндра и боба, и имитации глинонасыщения часто не подтверждают эффективность известных моющих буферных жидкостей [2].

Опыты, проведенные нами и описанные ниже, показали, что известные буферные жидкости, даже содержащие турбулизирующе – эрозионные добавки – эрозионные буферные жидкости – имеют эффективность «оставляющую желать лучшего». К примеру, наиболее эффективной эрозионной буферной жидкостью априори представляется смесь песка, цемента, глины, воды и других компонентов. [1]. Но опыты показали, что такой, на первый взгляд высокоабразивный состав не является высокоэффективным в качестве эрозионно-моюще-вытесняющей буферной жидкости. Жидкость теряет активность при попадании в нее глины, вызывает технологические трудности при применении, а если содержит химические добавки, то небезопасна для окружающей среды.

Нами поставлена цель повысить эрозионно-моющую-вытесняющую способность буферных жидкостей, их глиноемкость, эргономичность и безопасность для окружающей среды.

Под глиноемкостью буферной жидкости мы понимаем способность буферной жидкости сохранять свою моюще-эрозионную способность по мере попадания и перехода в ее состав глины.

Для достижения поставленной цели в ООО «БурениеСервис» была разработана в лабораторных условиях и проходит промысловые испытания экологически безопасная дисперсная, удобная в применении, содержащая оксид кремния добавка (далее-СДИР), частицы которой имеют размеры в несколько мм, а форму двусторонне заостренной лады. Острые концы и края имеют высокую твердость – твердость кремния и стойкость к истиранию. В то же время средняя плотность вещества частиц близка к плотности воды, что позволяет им находится во взвешенном состоянии в водных составах.

Взвешенные в буферной жидкости частицы СДИРа в ламинарном потоке жидкости оказываются под воздействием слоев потока жидкости, имеющих разные скорости течения, а значит – под действием разных по величине сил. Кроме того, благодаря форме частиц, имеющих в сечении форму, напоминающую форму крыла самолета, возникает действующая на частицы сила Жуковского. Теоретические выкладки указывают на возможность того, что на частицы даже в ламинарном потоке действует сила, направленная от оси к периферии потока, то есть – к стенкам кольцевого пространства, что является желательным. Следовательно, частицы испытывают момент сил, на частицы действуют силы горизонтально направленные и поэтому частицы вращаются и могут перемещаться в направлении перпендикулярном направлению потока. Скорость вращения частиц пропорциональна градиенту скорости течения жидкости. Вращающиеся частицы способствуют более раннему наступлению турбулизации потока. В турбулентном потоке движение частиц в потоке становится еще более хаотичным. Быстро вращающиеся частицы с острыми твердыми незатупливающимися концами ударяются об ограничивающие поток поверхности и обдирают их, механически очищают тем самым поверхности в цементируемом заколонном пространстве скважины от глинистых, полимерных и других покрытий-осадков.

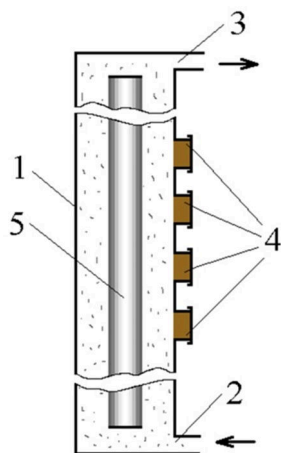


Рисунок – Схема установки для оценки эрозионно-моющих свойств буферных жидкостей:

1. Внешняя труба; 2. Вход; 3. Выход;
4. Гильзы, наполненные глинистой пастой; 5. Внутренняя труба

Эффективность СДИРа подтвердили опыты, проведенные следующим образом.

Сконструирована стендовая установка, лишенная вышеперечисленных недостатков ранее применявшихся лабораторных установок для оценки эрозионно-моющих свойств буферных жидкостей. Схема установки представлена на рисунке.

Установка состоит из вертикально расположенной внешней трубы высотой 12 м с внутренним диаметром 103 мм (1). В центральной части трубы, отстоящей от нижнего входного (2) и верхнего выходного (3) концов трубы для уменьшения концевых эффектов на расстояниях по 5 м, установлены четыре круглых отвода. В отводы вставляли гильзы, наполненные пастой из предварительно гидратированного глинопорошка (4). Применяли глинопорошок марки ПББ, немодифицированный, производства ЗАО «Ильский завод Утяжелитель». В каждой серии опытов паста имела постоянный состав. Открытый торец наполненной глинистой пастой гильзы устанавливали заподлицо с внутренней стенкой трубы. Глинистая паста имитировала загустевшие остатки глинистого бурового раствора или набухшую глинистую породу, или фильтрационную глинистую корку глинистого раствора. Внутрь внешней трубы была вставлена коаксиально гладкая труба с внешним диаметром 50 мм с заглушенными



концами (5). Таким образом создавалось некое подобие кольцевого пространства между обсадной колонной и стенками скважины. Величина зазора между двумя трубами в установке примерно равнялась величине зазора между стенкой обсадной трубы диаметром 168,3 мм и стенкой самой скважины, имеющей диаметр 215,9 мм. Снизу в кольцевое пространство насосом подавали жидкость. Сверху жидкость вытекала. С учетом размеров кольцевого пространства жидкость подавали с расходом 6,4 л в с. Такой расход жидкости в стендовой установке выбран, чтобы соблюдалось равенство градиента скорости течения жидкостей в установке и в кольцевом пространстве реальной скважины диаметром 215,9 мм, со спущенной в нее обсадной колонной диаметром 168,3 мм при расходе буровых насосов 14,4 л в с. (около 170 с⁻¹). При указанных расходах жидкости в установке и в скважине скорость восходящего потока жидкости равны 1 м·с⁻¹ (рекомендуемая минимальная скорость восходящего потока буферной жидкости). Время прокачивания жидкости устанавливали согласно известной рекомендации, касающейся минимального времени прохождения буферной жидкости через заданный участок ствола скважины – 8 мин.

Добавлением в буферные жидкости предварительно гидратированной глины в соотношении массовых частей соответственно 3 к 100–140 имитировали попадание глины в буферную жидкость при движении последней еще внутри колонны обсадных труб в результате смешения ее с вытесняемым впереди идущим буровым раствором и смыва жидкостью остатков бурового раствора – адгезионной пленки на внутренней поверхности труб. Тем самым имитировали процесс глинонасыщения буферной жидкости при отсутствии нижней разделительной пробки.

Таким образом моделировали процесс прокачивания буферной жидкости в кольцевом пространстве скважины с максимально достигнутой степенью геометрического, гидравлического и технологического подобия реальным условиям.

Результат воздействия буферной жидкости в потоке на имитацию глинистой породы или фильтративной корки бурового раствора (в действительности глинистой пасты) оценивали по величине доли унесенной буферной жидкостью части глинистой пасты от первоначальной массы пасты.

Составы буферных жидкостей и статистически обработанные результаты опытов приведены в таблице.

Таблица – Эффективность удаления глинистой пасты буферными жидкостями различного состава

№ состава	Содержание компонентов в составе, ч. масс.								Доля удаленной глинистой пасты, %
	Вода	Моющий состав	КМЦ	Цемент	Песок кварцевый	Глина	Опилки древесные	СДИР	
1	100								3
2	100					3			2
3	100					3	5		5
4	100					3		3	10
5	100					3		5	24
6	100					3		10	30
7	100					3		15	22
8	100							5	25
9	100							10	33
10	100	5							10
11	100	5						5	29
12	100	5						10	36
13	100	5				3			7
14	100	5				3		5	26
15	100		1	10	30				8
16	100		1	10	30	3			7
17	100		1	10	30			3	9
18	100		1	10	30			5	14
19	100		1	10	30	3		10	18
20	100		1	10	30	3		15	Не прокачиваемый



Для сравнения испытывали водопроводную воду, водный раствор применяемого достаточно широко в практике цементирования скважин моющего состава, а также эрозионную буферную жидкость-смесь песка, цемента, воды, которая, как представлялось должна быть самой эффективной.

Из таблицы видно, что добавление СДИР во все составы в количестве 5–10 частей к 100–140 частям буферной жидкости резко увеличивает способность буферной жидкости разрушать и вымывать глинистую пасту. Преимущество буферных жидкостей, содержащих СДИР, сохраняется и при предварительном вводе в них глины. То есть СДИР существенно увеличивает глиноемкость буферной жидкости-ее способность сохранять свою моюще-эрозионную способность при насыщении глиной.

Добавление 15 частей СДИР более не увеличивает эффект в сравнении с добавкой СДИР, равной 10 частям, но может привести к повышению консистенции буферной жидкости до ее непрокачиваемости.

Добавка эргономична, безопасна для здоровья и окружающей среды

В настоящее время проводятся промысловые испытания добавки СДИР. После их окончания добавка будет предложена для применения.

Литература:

1. Булатов А.И. Справочник инженера по бурению / А.И. Булатов, А.Г. Аветисов. – М. : Недра, 1985. В 2 т. Т. 1 – 414 с. – С. 396.
2. Лышко Г.Н. Экспресс методика выбора моющей буферной жидкости / Г.Н. Лышко, О.Г. Лышко // Экспозиция Нефть Газ. – 2010. – 3/Н (09). – С. 6–7.
3. А.с. 989046. Р.Ф. Уханов, В.В. Плынин. Установка для исследования буферных жидкостей. 15.01.83.
4. А.с. 2592308 Буферная жидкость.
5. Ахрименко В.Е. Экспресс-метод оценки эффективности моющих свойств буферных жидкостей // РНТС. Сер. Бурение. – 1978. – Вып. 9. – С. 26–27.
6. Разработка новой буферной жидкости для цементирования скважин / Е.А. Рогов [и др.] // Бурение и нефть. – М., 2003. – С. 22–25.
7. Шамина Т.В. Разработка новых эффективных буферных жидкостей для крепления нефтяных и газовых скважин // Материалы и оборудование для бурения и ремонта скважин, в том числе импортозамещающие : сб. научных трудов. – Краснодар : «НПО «Бурение». – С. 180–187.

References:

1. Bulatov A.I. Drilling engineer's guide / A.I. Bulatov, A.G. Avetisov. – M. : Nedra, 1985. In 2 v. – V. 1. – 414 p. – P. 396.
2. Lyshko G.N. Express technique for choosing a washing buffer fluid / G.N. Lyshko, O.G. Lyshko // Exposition Oil Gas. – 2010. – 3/H (09). – P. 6–7.
3. Certificate of authorship. SU 989046. R.F. Ukhanov, V.V. Plinin. Installation for the study of buffer fluids. 15.01.83.
4. Certificate of authorship SU 2592308 Buffer liquid.
5. Akhrimenko V.E. Express-method for assessing the effectiveness of detergent properties of buffer liquids // RNTS. Ser. Burenie. – 1978. – Issue 9. – P. 26–27.
6. Development of a new buffer fluid for cementing wells / EA Rogov [and others] // Drilling and oil. – M., 2003. – P. 22–25.
7. Shamina T.V. Development of new effective buffer fluids for cementing of oil and gas wells // Materials and equipment for drilling and repair of wells, including import substituting : misc. of scientific works. – Krasnodar : «NPO Burenie». – P. 180–187.