



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

E21B 33/14 (2024.01); C09K 8/467 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023133919, 19.12.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.12.2023

Дата регистрации:
30.07.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.12.2023

(45) Опубликовано: 30.07.2024 Бюл. № 22

Адрес для переписки:

423462, Респ. Татарстан, г. Альметьевск, ул.
Тельмана, 88, Баров Юрий Николаевич

(72) Автор(ы):

Осипов Роман Михайлович (RU),
Исхаков Альберт Равилевич (RU),
Абакумов Антон Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Публичное акционерное общество
"Татнефть" имени В.Д. Шашина (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2720025 C1, 23.04.2020. RU
2520233 C2, 20.06.2014. RU 2576416 C1,
10.03.2016. RU 2582143 C1, 20.04.2016. RU
2781004 C1, 04.10.2022. RU 2533997 C1,
27.11.2014. US 6626991 B1, 30.09.2003.

(54) Способ цементирования обсадной колонны в скважине

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу цементирования обсадной колонны в скважине. Техническим результатом является повышение эффективности способа за счет повышения качества цементирования в скважинах с остаточными поглощениями бурового раствора, устранение фильтрации цементного раствора после вскрытия пор проницаемых пластов и повышение герметичности цементной крепи на контакте цементный камень-горная порода. Способ включает последовательную закачку моющей буферной жидкости и порций цементного раствора, первой порции цементного раствора плотностью 1520–1640 кг/м³ в объеме, обеспечивающем заполнение заколонного пространства в скважине в интервале от устья до 100 м от забоя. Первая порция цементного раствора содержит сухую цементную смесь, понизитель водоотдачи, пеногаситель и воду. В качестве сухой цементной смеси – смесь при следующем соотношении компонентов, мас. ч.: портландцемент - 100, облегчающий инертный

наполнитель - 10–23, фиброволокно - 0,1–0,6, понизитель водоотдачи ПВС-ВР или ПВА - 0,5 пеногаситель ПЕНТА-465 или «FOBR» - 0,05, при соотношении сухой цементной смеси к воде – 100 мас. ч. к 60 мас. ч. соответственно, второй порции цементного раствора, продавливание порций цементного раствора, осуществление технологической выдержки на время ожидания затвердевания цементного раствора. Вторую порцию цементного раствора закачивают плотностью 1880–1920 кг/м³ в объеме, обеспечивающем заполнение заколонного пространства скважины в интервале 100 м от забоя. Вторая порция цементного раствора содержит сухую цементную смесь и воду при соотношении сухой цементной смеси к воде – 100 мас. ч. к 44 мас. ч. соответственно, в качестве сухой цементной смеси применяют смесь из портландцемента тампонажного и микроцемента при следующем соотношении компонентов, мас. ч.: портландцемент - 100, цемент с размером частиц 5 микрон - 10–20. 2 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
E21B 33/14 (2006.01)
C09K 8/467 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
E21B 33/14 (2024.01); C09K 8/467 (2024.01)

(21)(22) Application: **2023133919, 19.12.2023**

(24) Effective date for property rights:
19.12.2023

Registration date:
30.07.2024

Priority:

(22) Date of filing: **19.12.2023**

(45) Date of publication: **30.07.2024** Bull. № 22

Mail address:

**423462, Resp. Tatarstan, g. Almetevsk, ul. Telmana,
88, Barov Yuriy Nikolaevich**

(72) Inventor(s):

**Osipov Roman Mikhailovich (RU),
Iskhakov Albert Ravilevich (RU),
Abakumov Anton Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Publichnoe aktsionernoe obshchestvo "Tatneft"
imeni V.D. Shashina (RU)**

(54) **METHOD OF CEMENTING CASING STRING IN WELL**

(57) Abstract:

FIELD: mining.

SUBSTANCE: invention relates to a method for cementing a casing in a well. Method involves successive pumping of a washing spacer fluid and portions of cement mortar, the first portion of cement mortar with density of 1,520–1,640 kg/m³ in a volume which provides filling of the annular space in the well in the interval from mouth to 100 m from the bottomhole. First portion of the cement mortar contains a dry cement mixture, a water loss reducer, an antifoaming agent and water. Dry cement mixture is represented by a mixture with the following ratio of components, wt.pts.: portland cement – 100, lightening inert filler – 10–23, fibrous material – 0.1–0.6, water loss reducer “ПВС-ВР” or “ПВА” – 0.5, antifoaming agent “ПЕХТА-465” or FOBR – 0.05, at a ratio of dry cement mixture to water of 100 wt.pts. to 60 wt.pts. respectively, second portion of cement mortar, forcing through portions of cement mortar, performing process

exposure for the time of waiting for hardening of cement mortar. Second portion of the cement mortar is pumped with density of 1,880–1,920 kg/m³ in a volume which provides filling of the annular space of the well in interval of 100 m from the bottomhole. Second portion of the cement mortar contains a dry cement mixture and water at a ratio of the dry cement mixture to water of 100 wt.pts. to 44 wt.pts. respectively, dry cement mixture used is a mixture of backfill portland cement and microcement, with the following ratio of components, wt.pts.: portland cement – 100, cement with particle size of 5 microns – 10–20.

EFFECT: increased efficiency of the method due to improved quality of cementing in wells with residual losses of drilling mud, elimination of filtration of cement mortar after opening of pores of permeable formations and increased tightness of cement lining at contact of cement stone-rock.

1 cl, 2 tbl

Предложение относится к нефтедобывающей промышленности, в частности к способам цементирования обсадных колонн в скважинах.

Известен способ цементирования скважины, включающий приготовление, закачку и продавку в скважину цементного раствора (суспензии), (Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин. Изд-е 4, перераб. и доп. - М.: Недра. - 1978. - С. 387).

5 Существенным недостатком стандартных суспензий цементных растворов является то, что они не могут использоваться при ликвидации заколонных перетоков, отключении пластов, герметизации эксплуатационных колонн и водоизоляционных работах, поскольку грубодисперсную суспензию цементного раствора нельзя прокачать в
10 микрозазоры, микротрещины и низкопроницаемые участки.

Также известен способ цементирования зон водопритока скважин (патент RU №2297515, МПК E21B 33/13, опубл. 20.04.07 г., бюл. №11), включающий спуск в скважину колонны насосно-компрессорных труб (НКТ), установку открытого конца НКТ выше
15 зоны водопритока, определение удельной приемистости, приготовление, закачивание цементной суспензии, начиная с фракции с меньшим размером частиц, продавку цементной суспензии, промывку остатков цементной суспензии в течение времени, необходимого для схватывания цементной суспензии при давлении на 0,3-0,5 МПа ниже
конечного давления при продавке и оставление на время ожидания затвердения цементной суспензии

20 Недостатком данного способа является его малая эффективность из-за низкой проникающей способности цементной суспензии, приготовленной из стандартного портландцемента и разделенной на фракции, в низкопроницаемые участки. Основной недостаток стандартного портландцемента тампонажного состоит в том, что большая
часть суспензии (фракция с самыми маленькими частицами в объеме от 50 до 75 % от
25 общего количества) ограничивается размерами сита с номером 0,8, что не позволяет цементной суспензии, разделенной на фракции, проникать в микрозазоры, микротрещины и низкопроницаемые участки. При продавке цементной суспензии на
обычных режимах по расходу и давлению основная часть мелкой фракции будет
двигаться преимущественно по высокопроницаемым участкам, а следующая за ней
30 фракция осядет на входе в поры низко- и среднепроницаемого участка, что приведет к недостаточному охвату зон водопритока с малой и средней проницаемостью. Затем осуществляют промывку остатков цементной суспензии при давлении на 0,3-0,5 МПа
ниже конечного давления при продавке. При этом довольно часто вымывается
значительная часть цементной суспензии, ранее поглощенной зоной водопритока, что
35 отрицательно сказывается на успешности цементирования скважин и необходимости производить повторные работы по догерметизации эксплуатационной колонны маловязкими отверждающимися истинными растворами (синтетические смолы или
другие материалы) и, как следствие, приводит к дополнительным материальным
затратам. При удельной приемистости зоны водопритока более 2 м³/(ч·МПа) для
40 достижения эффективности проводимых работ необходимо закачать большой объем цементной суспензии.

Также известен способ ремонтно-изоляционных работ, включающий закачку состава на основе микроцемента с использованием добавки - пластификатора Glenium-51
(Сторчак В.А., Мелехин А.А. Разработка составов тампонажных смесей на основе
45 микроцементов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2011. - №8. - С. 51-53).

Недостатками известного способа являются короткое время отверждения состава на основе микроцемента - 2,5 ч, что может привести к его преждевременному

отверждению при проведении ремонтно-изоляционных работ в скважине, а также низкая прочность тампонажного камня.

Также известен способ цементирования зон водопритока скважин (патент RU № 2533997, МПК E21B 33/138, опубл. 27.11.2014 г., бюл. № 33), включающий спуск в скважину колонны насосно-компрессорных труб (НКТ), установку открытого конца НКТ выше зоны водопритока, определение удельной приемистости зоны водопритока на двух режимах работы насосного агрегата, при удельной приемистости более 2 м³/(ч·МПа) закачивают последовательно буферную жидкость, водоизоляционную композицию до достижения удельной приемистости 0,5-2 м³/(ч·МПа). Затем в зависимости от удельной приемистости зоны водопритока определяют общий объем цементной суспензии. Одновременно готовят цементную суспензию, состоящую из суспензии портландцемента тампонажного в количестве 35 % от общего объема цементной суспензии и суспензии из микроцемента в количестве 65 % от общего объема цементной суспензии. При удельной приемистости зоны водопритока 0,5-2 м³/(ч·МПа) закачивают последовательно буферную жидкость, цементную суспензию из микроцемента, цементную суспензию из портландцемента тампонажного. Затем увеличивают расход и давление закачки до предельно допустимого давления на эксплуатационную колонну и при таком расходе, не снижая давления, производят продавку буферной жидкости и всего объема цементной суспензии из микроцемента. Затем уменьшают расход и давление закачки до минимально возможного, при котором скважина продолжает принимать и продавливают цементную суспензию из портландцемента тампонажного в зону водопритока до получения нулевой приемистости. Продавку останавливают и производят технологическую выдержку, далее осуществляют промывку остатков цементной суспензии из портландцемента тампонажного с противодавлением, равным конечному давлению продавки цементной суспензии из портландцемента тампонажного в зону водопритока.

Недостатком данного способа является его малая эффективность из-за низкой проникающей способности цементной суспензии, приготовленной из стандартного портландцемента и разделенной на фракции, в низкопроницаемые участки. Также недостатками являются низкое качество цементирования обсадных колонн, недостижение герметичности цементной крепи и низкое качество разобращения пластов.

Также известен способ цементирования обсадной колонны в скважине (патент RU №2398955, МПК E21B 33/138, опубл. 10.09.2010, бюл. №25), включающий последовательную закачку моющей буферной жидкости и порций цементного раствора. При этом в качестве первой и второй порций цементного раствора используют цементный раствор плотностью 1650-1750 кг/м³ с эрозионными свойствами, содержащий смесь портландцемента тампонажного и абразивного материала - мелкодисперсного песка кварцевого со средним размером зерен не более 1 мм в массовом соотношении от 100:8 до 100:10, а также поливиниловый спирт - ПВС-ВР в количестве 0,4-0,6 % и пеногаситель в количестве 0,04-0,06 % по массе цемента. В качестве третьей порции используют указанный цементный раствор, содержащий дополнительно хлористый кальций в количестве 2 % и хлористый натрий в количестве 1 %, по массе цемента, и с плотностью не менее 1850 кг/м³.

Недостатками являются низкое качество цементирования, так как в состав последней порции не входят модифицирующие компоненты, а соли натрия и кальция лишь ускоряют процесс твердения цементного камня на ранних этапах.

Наиболее близким является способ цементирования обсадной колонны в скважине (патент RU № 2720025, МПК E21B 33/14, C08K 8/467, C04B 14/38, опубл. 23.04.2020,

бюл. № 12), включающий последовательную закачку моющей буферной жидкости и порций цементного раствора, причем последовательно закачивают две порции цементного раствора, первую порцию цементного раствора закачивают плотностью 1520–1640 кг/м³ в объеме, обеспечивающем заполнение заколонного пространства в скважине в интервале от устья до 100 м от забоя, при этом первая порция цементного раствора содержит сухую цементную смесь, понизитель водоотдачи – ПВС-ВР или ПВА, пеногаситель – ПЕНТА-465 или «FOBR» и воду, в качестве сухой цементной смеси применяют смесь из портландцемента, облегчающего инертного наполнителя – вспененных микрогранул стекла фракций 0,1–1,5 мм или мелкопористых пенокерамических сферических гранул той же фракции, и фиброволокна размером волокон 3–6 мм диаметром 22–35 мкм при следующем соотношении компонентов, мас. ч.: портландцемент -100, облегчающий инертный наполнитель – вспененные микрогранулы стекла фракцией 0,1–1,5 мм или мелкопористые пенокерамические сферические гранулы той же фракцией - 10–23, фиброволокно - 0,1–0,6, понизитель водоотдачи ПВС-ВР или ПВА - 0,5 пеногаситель ПЕНТА-465 или «FOBR» - 0,05, при этом соотношение сухой цементной смеси к воде – 100 мас. ч. к 60 мас. ч. соответственно, далее закачивают вторую порцию цементного раствора плотностью 1585–1590 кг/м³ в объеме, обеспечивающем заполнение заколонного пространства скважины в интервале 100 м от забоя, при этом вторая порция цементного раствора содержит сухую цементную смесь, ускоритель схватывания – хлористый кальций и воду, в качестве сухой цементной смеси применяют смесь из портландцемента, облегчающего инертного наполнителя – вспененных микрогранул стекла фракций 0,1–1,5 мм или мелкопористых пенокерамических сферических гранул той же фракции, и фиброволокна размером волокон 3–6 мм диаметром 22–35 мкм при следующем соотношении компонентов, мас. ч.: портландцемент – 100, облегчающий инертный наполнитель – вспененные микрогранулы стекла фракцией 0,1–1,5 мм или мелкопористые пенокерамические сферические гранулы той же фракции - 10–23, фиброволокно - 0,1–0,6, ускоритель схватывания – хлористый кальций - 1–4, при этом соотношение сухой цементной смеси к воде – 100 мас. ч. к 50 мас. ч. соответственно.

Недостатком является низкая плотность второй порции цементного раствора, которая ухудшает степень замещения бурового раствора, наличие сферических гранул во второй порции, которые могут быть разрушены в процессе закачки цементного раствора, что повлечет за собой преждевременный стоп и повлияет на качество цементирования. Также недостатком является низкая прочность на изгиб в возрасте 48 ч и низкая адгезия облегченного тампонажного раствора к горной породе и металлу обсадных труб, что снижает степень герметичности цементной крепи.

Техническими задачами являются повышение эффективности способа за счет повышения качества цементирования в скважинах с остаточными поглощениями бурового раствора, устранения фильтрации цементного раствора после вскрытия пор проницаемых пластов и повышения герметичности цементной крепи на контакте цементный камень-горная порода.

Технические задачи решаются способом цементирования обсадной колонны в скважине, включающим последовательную закачку моющей буферной жидкости и порций цементного раствора, первой порции цементного раствора плотностью 1520–1640 кг/м³ в объеме, обеспечивающем заполнение заколонного пространства в скважине в интервале от устья до 100 м от забоя, при этом первая порция цементного раствора содержит сухую цементную смесь, понизитель водоотдачи – ПВС-ВР или ПВА,

пеногаситель – ПЕНТА-465 или «FOBR» и воду, в качестве сухой цементной смеси - смесь из портландцемента, облегчающего инертного наполнителя – вспененных микрогранул стекла фракций 0,1–1,5 мм или мелкопористых пенокерамических сферических гранул той же фракции, и фиброволокна размером волокон 3–6 мм

5 диаметром 22–35 мкм при следующем соотношении компонентов, мас. ч.:

портландцемент - 100, облегчающий инертный наполнитель – вспененные микрогранулы стекла фракцией 0,1–1,5 мм или мелкопористые пенокерамические сферические гранулы той же фракцией - 10–23, фиброволокно - 0,1–0,6, понизитель водоотдачи ПВС-ВР или ПВА - 0,5 пеногаситель ПЕНТА-465 или «FOBR» - 0,05, при соотношении сухой

10 цементной смеси к воде – 100 мас. ч. к 60 мас. ч. соответственно, второй порции цементного раствора, продавливание порций цементного раствора, осуществление технологической выдержки на время ожидания затвердевания цементного раствора.

Новым является то, что вторую порцию цементного раствора закачивают плотностью 1880–1920 кг/м³ в объеме, обеспечивающем заполнение заколонного пространства скважины в интервале 100 м от забоя, при этом вторая порция цементного раствора содержит сухую цементную смесь и воду при соотношении сухой цементной смеси к воде – 100 мас. ч. к 44 мас. ч. соответственно, в качестве сухой цементной смеси применяют смесь из портландцемента тампонажного и цемента с размером частиц 5 микрон при следующем соотношении компонентов, мас. ч.:

20

| | |
|-----------------------------------|-------|
| портландцемент | 100 |
| цемент с размером частиц 5 микрон | 10–20 |

Для осуществления способа используют:

25 Портландцемент тампонажный марок ПЦТ I-50 или ПЦТ I-G-CC-1 – ГОСТ 1581-2019.

Облегчающий инертный наполнитель - вспененные микрогранулы стекла фракций 0,1-1,5 мм, выпускаемые по ТУ 5914-001-53933176-2011. Представляют собой высокопористый ячеистый неорганический теплоизоляционный материал. Ячейки имеют сферическую или гексагональную форму, их размер может составлять от долей

30 миллиметров до нескольких сантиметров. Цвет материала обычно - зеленовато-серый.

Облегчающий инертный наполнитель - мелкопористые пенокерамические сферические гранулы фракций 0,1-1,5 мм, выпускаемые по ТУ 5712-001-14851799-2014.

Применение в качестве облегчающего инертного наполнителя любого из указанных приводит к одному техническому результату.

35 Фиброволокно - волокно строительное микроармирующее. Представляет собой однокомпонентное полипропиленовое волокно длиной 3-6 мм диаметром 22-35 мкм, изготовленное по ТУ 2272-006-13429727-2007 «Волокно строительное армирующее», марки ВСМ.

Понизитель водоотдачи ПВС-ВР, выпускаемый по ГОСТ 10779-78;

40 Понизитель водоотдачи ПВА (ВР-08), производства Chang Chun Petrochemical Малайзия, представляет собой эмульгирующий и стабилизирующий агент на основе поливинилового спирта. При низком поверхностном натяжении и способности рассеивать винилацетат в воде в очень мелкие гранулы ПВА (ВР-08) применяется для производства поливинилацетатной эмульсии.

45 Применение в качестве понизителя водоотдачи любого из указанных приводит к одному техническому результату.

Пеногаситель ПЕНТА-465, выпускаемый по ТУ 2257-029-40245042-2002, представляет собой самоэмульгирующийся пеногасящий концентрат, эффективно используется в

процессах, сопровождающихся обильным или средним пенообразованием, а также предупреждает излишнее пенообразование при предварительном введении в композицию (рецептуру);

Пенегаситель «FOBR», выпускаемый по ТУ 2458-002-65514187-2011, представляет собой пеногаситель на основе кремнийорганических олигомеров с добавлением поверхностно-активных веществ. «FOBR» предназначен для использования в качестве пеногасителя во всех типах буровых растворов на водной основе.

Применение в качестве пеногасителя любого из указанных приводит к одному техническому результату.

Микроцемент, например, микронизированный цемент марки «ультрацемент-5» по ТУ 5739-019-56864391-2020 изм. 1,2.

Вода – пресная вода плотностью 1000 кг/м^3 для приготовления цементных растворов.

В качестве моющей буферной жидкости применяют 2%-й водный раствор триполифосфата натрия по ГОСТ 13493-86 или 0,2%-й водный раствор нитротриметил фосфоновой кислоты по ГОСТ 6318-77.

В качестве продавочной жидкости используют, например, техническую пресную воду или минерализованную пластовую воду плотностью $1,05-1,16 \text{ г/см}^3$.

Сущность способа

Способ цементирования обсадных колонн включает в себя спуск обсадной колонны до пробуренного забоя скважины, последовательную закачку моющей буферной жидкости и двух порций цементного раствора. В качестве моющей буферной жидкости применяют 2%-й водный раствор триполифосфата натрия или 0,2%-й водный раствор нитротриметил фосфоновой кислоты. Далее последовательно закачивают две порции цементного раствора.

Первую порцию цементного раствора плотностью $1520-1640 \text{ кг/м}^3$ в объеме, обеспечивающем заполнение заколонного пространства в скважине в интервале от устья до 100 м от забоя, при этом первая порция цементного раствора содержит сухую цементную смесь, понизитель водоотдачи - ПВС-ВР или ПВА, пеногаситель - ПЕНТА-465 или «FOBR» и воду, в качестве сухой цементной смеси применяют смесь из портландцемента, облегчающего инертного наполнителя - вспененных микрогранул стекла фракций 0,1-1,5 мм или мелкопористых пенокерамических сферических гранул той же фракции и фиброволокна размером волокон 3-6 мм диаметром 22-35 мкм при следующем соотношении компонентов, мас. ч.:

| | |
|---|---------|
| портландцемент | 100 |
| облегчающий инертный наполнитель – вспененные микрогранулы стекла фракций 0,1-1,5 мм или мелкопористые пенокерамические сферические гранулы той же фракцией | 10-23 |
| фиброволокно | 0,1-0,6 |
| понизитель водоотдачи ПВС-ВР или ПВА | 0,5 |
| пеногаситель ПЕНТА-465 или «FOBR» | 0,05, |

при этом соотношение сухой цементной смеси к воде - 100 мас. ч. к 60 мас. ч.

Вторую порцию цементного раствора закачивают плотностью $1880-1920 \text{ кг/м}^3$ в объеме, обеспечивающем заполнение заколонного пространства скважины в интервале 100 м от забоя. Вторая порция цементного раствора содержит сухую цементную смесь и воду при соотношении сухой цементной смеси к воде – 100 мас. ч. к 44 мас. ч. соответственно, в качестве сухой цементной смеси применяют смесь из портландцемента

тампонажного и цемента с размером частиц 5 микрон при следующем соотношении компонентов, мас. ч.:

| | | |
|---|-----------------------------------|-------|
| | портландцемент | 100 |
| 5 | цемент с размером частиц 5 микрон | 10–20 |

После закачки второй порции цементного раствора закачкой продавочной жидкости продавливают первую и вторую порции цементного раствора в заколонное пространство скважины. В качестве продавочной жидкости используют, например, техническую воду или минерализованную пластовую воду плотностью 1,05-1,16 г/см³. Далее обсадную колонну оставляют на время ожидания для затвердевания двух порций цементного раствора не менее чем на 48 часов.

Закачка первой порции цементного раствора плотностью 1520-1640 кг/м³ с сухой цементной смеси к воде – 100 мас. ч. к 60 мас. ч. соответственно, обеспечивает снижение гидродинамического давления при цементировании и позволяет поднять цемент до устья без потери циркуляции.

Закачка второй порции плотностью 1880-1920 кг/м³ с содержанием портландцемента и цемента с размером частиц 5 микрон в соотношении 100 мас. ч. к 10-20 мас. ч. обеспечивает наиболее полное вытеснение бурового раствора тампонажным раствором за счет более высокой плотности последнего, а также наиболее плотный контакт на границе цементный камень-горная порода за счет наличия в цементной структуре частиц более тонкого помола. Так как в цементном растворе содержатся частицы более тонкого помола, которые могут проникнуть в поры горной породы, создается более плотный и герметичный контакт на границе цементный камень-горная порода. Также это позволяет повысить адгезию цементного камня с металлом обсадных труб и горной породой.

Способ цементирования обсадной колонны осуществляют в следующей последовательности.

После проведения заключительных работ (проработки ствола скважины, геофизических исследований) спускают обсадную колонну до пробуренного забоя скважины. На цементном складе готовят расчетное количество сухой цементной смеси, необходимое для приготовления двух порций цементного раствора с учетом глубины скважины и диаметра обсадной колонны. После этого готовую сухую цементную смесь загружают в цементовозы и отправляют на буровую.

Перед началом цементирования обсадной колонны в скважине, непосредственно на буровой, сухую цементную смесь перетаривают из цементовозов в цементосмесительные машины. Одновременно с перетариванием сухой цементной смеси в бункерах цементировочных агрегатов набирают техническую воду в количестве 60 мас. ч. на 100 мас. ч. сухой цементной смеси и в количестве 44 мас. ч. на 100 мас. ч. сухой цементной смеси для приготовления двух порций цементного раствора.

Далее готовят воду затворения для первой порции цементного раствора путем добавления в техническую воду понизителя водоотдачи 0,5 мас. ч. и пеногасителя 0,05 мас. ч. от массы портландцемента путем перемешивания, в течение 0,5-1 ч.

Приготовление первой и второй порций цементного раствора производят с помощью цементно-смесительного устройства цементно-смесительной машины. Плотность первой порции цементного раствора на выходе из цементно-смесительного устройства в технологическую емкость «чанок» контролируется оператором с помощью ареометра в пределах 1520-1640 кг/м³, плотность второй порции цементного раствора - 1880-1920

кг/м³. На колонну обсадных труб устанавливают цементировочную головку с установленной в ней продавочной разделительной пробкой, соединяют тампонажными шлангами или трубами высокого давления с цементировочными агрегатами. Закачивают

5 моющую буферную жидкость в количестве, например, 6-9 м³ в колонну обсадных труб с помощью цементировочного агрегата. Не прерывая технологический процесс, с использованием цементировочного агрегата, последовательно за моещей буферной жидкостью в скважину в колонну обсадных труб последовательно закачивают первую и далее вторую порцию цементного раствора. Первую порцию цементного раствора

10 закачивают объемом, обеспечивающем заполнение заколонного пространства в скважине в интервале от устья до 100 м от забоя, вторую порцию цементного раствора - объемом, обеспечивающем заполнение заколонного пространства скважины в интервале 100 м от забоя.

После закачки второй порции цементного раствора на цементировочной головке освобождают разделительную продавочную пробку. Закачкой технической пресной

15 воды или минерализованной пластовой воды плотностью 1,05-1,16 г/см³ продавливают первую и вторую порцию цементного раствора в заколонное пространство скважины до получения момента «СТОП». Далее обсадную колонну оставляют на время ожидания для затвердевания двух порций цементного раствора не менее 48 ч. После

20 геофизическими исследованиями проводят оценку качества цементирования.

В таблице 1 приведены рецептуры порций цементного раствора способа цементирования обсадной колонны в скважине.

Таблица 1 - Рецептуры порций цементного раствора способа цементирования обсадной колонны в скважине

25

| № п/п | Первая порция цементного раствора | | | | | | | | | Вторая порция цементного раствора | | |
|-------|-----------------------------------|----------------------------------|--|--------------|--------------------------------|-----|-----------------------|------|----------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------|
| | Сухая цементная смесь, мас. ч. | | | | Понижитель водоотдачи, мас. ч. | | Пеногаситель, мас. ч. | | | Вода, мас. ч. | Сухая цементная смесь, мас. ч. | |
| | Портландцемент | Облегчающий инертный наполнитель | | Фиброволокно | ПВС-ВР | ПВА | ПЕНТА-465 | FOBR | Портландцемент | | Цемент с размером 5 микрон | Вода, мас. ч. |
| | | Вспененные микрогранулы стекла | Мелкопористые пенокерамические сферические гранулы | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 30 | 100 | 15 | - | 0,1 | 0,5 | - | 0,05 | - | 60 | 100 | 20 | 44 |
| 35 | 100 | 20 | - | 0,1 | 0,5 | - | 0,05 | - | 60 | 100 | 20 | 44 |
| | 100 | 10 | - | 0,3 | 0,5 | - | 0,05 | - | 60 | 100 | 20 | 44 |
| | 100 | 20 | - | 0,3 | 0,5 | - | 0,05 | - | 60 | 100 | 15 | 44 |
| | 100 | 23 | - | 0,3 | 0,5 | - | 0,05 | - | 60 | 100 | 15 | 44 |
| | 100 | 15 | - | 0,4 | 0,5 | - | 0,05 | - | 60 | 100 | 15 | 44 |
| 40 | 100 | 15 | - | 0,6 | 0,5 | - | 0,05 | - | 60 | 100 | 10 | 44 |
| | 100 | - | 15 | 0,1 | - | 0,5 | - | 0,05 | 60 | 100 | 10 | 44 |
| | 100 | - | 20 | 0,1 | - | 0,5 | - | 0,05 | 60 | 100 | 10 | 44 |
| | 100 | - | 10 | 0,3 | - | 0,5 | - | 0,05 | 60 | 100 | - | 44 |
| | 100 | - | 20 | 0,3 | - | 0,5 | - | 0,05 | 60 | 100 | - | 44 |
| | 100 | - | 23 | 0,3 | - | 0,5 | - | 0,05 | 60 | 100 | - | 44 |
| 45 | 100 | - | 15 | 0,4 | - | 0,5 | - | 0,05 | 60 | 100 | - | 44 |
| | 100 | - | 15 | 0,6 | - | 0,5 | - | 0,05 | 60 | 100 | - | 44 |

В таблице 2 представлены результаты исследований физико-механических свойств цементных растворов и камня для предлагаемого способа (пример № 1- 14) и результат

для способа по наиболее близкому аналогу (пример № 15). Как видно из таблицы 2, наибольшее значение прочности получаемого камня на изгиб после закачки второй порции у наиболее близкого аналога – 5,03 МПа, а прочность получаемого камня на изгиб по предлагаемому способу меняется от 6,5 до 7,9 МПа, что в 1,6 раз превышает значения наиболее близкого аналога. Этим объясняется более прочная цементная крепь, устойчивая к динамическим нагрузкам, возникающим при освоении скважины.

Пример выполнения способа

После проведения заключительных работ (проработки ствола скважины глубиной 1800 м, диаметром 216 мм, геофизических исследований) спустили обсадную колонну диаметром 168 мм до пробуренного забоя скважины глубиной 1800 м и подвесили ее в столе ротора с помощью элеватора. За сутки до начала работ по цементированию обсадной колонны в скважине на цементном складе приготовили расчетное количество сухой цементной смеси, необходимое для приготовления двух порций цементного раствора. Общее количество цементного раствора составило 25,9 м³.

Для получения такого объема цементного раствора приготовили 20,7 т сухой цементной смеси, состоящей из: портландцемента ПЦТ П-50 - 100 мас. ч. (18 т), облегчающего инертного наполнителя (вспененных микрогранул стекла) - 15 мас. ч. (2,7 т), фиброволокна - 0,1 мас. ч. (0,018 т) (пример № 1, табл. 1). Далее путем многократного перетаривания из одного цементного силоса в другой на заводе цементных смесей сухую цементную смесь привели в воздушную взвесь с равномерным распределением сухих добавок по всему объему сухой цементной смеси. После этого готовую сухую цементную смесь загрузили в цементовозы и отправили на буровую. После проведения заключительных работ (проработки ствола скважины, геофизических исследований) спустили обсадную колонну до пробуренного забоя скважины (1799,5 м) и подвесили ее в столе ротора с помощью элеватора. На колонну обсадных труб установили цементировочную головку с установленной в ней продавочной разделительной пробкой, соединили тампонажными шлангами или трубами высокого давления с цементировочными агрегатами.

Перед началом работ, непосредственно на буровой сухую цементную смесь перетаривали из цементовозов в цементосмесительные машины. Одновременно с перетариванием сухой цементной смеси в бункерах цементировочных агрегатов набрали техническую воду для первой порции цементного раствора (для 18,5 т смеси) в количестве 60 мас. ч. (11,1 м³) на 100 мас. ч. сухой цементной смеси для первой порции цементного раствора и для второй порции цементного раствора (для 10 т смеси) в количестве 44 мас. ч. (4,4 м³) на 100 мас. ч. сухой цементной смеси для второй порции цементного раствора.

Далее приготовили воду затворения для первой порции цементного раствора путем добавления в техническую воду понизителя водоотдачи (ПВС-ВР) 0,5 мас. ч. (9,25 кг) и пеногасителя 0,05 мас. ч. (0,92 л) от массы портландцемента путем перемешивания в течение 0,5 ч.

Подготовили моющую буферную жидкость в бункере цементировочного агрегата в количестве 6 м³. Закачали моющую буферную жидкость в колонну обсадных труб с помощью цементировочного агрегата.

С использованием цементировочного агрегата и цементно-смесительной машины последовательно за моющей буферной жидкостью в скважину, в колонну обсадных труб, последовательно закачали первую и далее вторую порцию цементного раствора. Для первой порции цементного раствора в цементно-смесительное устройство

одновременно подавали 18,5 т сухой цементной смеси и воду затворения. Плотность первой порции цементного раствора на выходе из цементно-смесительного устройства в технологическую емкость «чанок» контролировал оператор с помощью ареометра

в пределах 1620 кг/м^3 , плотность второй порции цементного раствора - 1920 кг/м^3 .

Первую порцию цементного раствора закачали объемом (21 м^3), обеспечивающем заполнение заколонного пространство в скважине в интервале от устья до 100 м от забоя, вторую порцию цементного раствора (7 м^3) - объемом, обеспечивающем заполнение заколонного пространства скважины в интервале 100 м снизу-вверх от забоя.

После закачки второй порции цементного раствора на цементировочной головке освободили разделительную продавочную пробку. Закачкой технической воды продавливали первую и вторую порции цементного раствора в заколонное пространство скважины до получения момента «СТОП». Далее обсадную колонну оставили на время ожидания для затвердевания двух порций цементного раствора на 48 ч. После геофизическими исследованиями провели оценку качества цементирования.

Таблица 2 - Результаты исследований физико-механических свойств цементных растворов и камня для способа цементирования обсадной колонны в скважине

| | Первая порция цементного раствора | | | | | Вторая порция цементного раствора | | | | | Адгезия, кН |
|---|-----------------------------------|-------------------|----------------------------|---|--------|-----------------------------------|-------------------|----------------------------|---|--------|-------------|
| | Водоотделение, мл | Растекаемость, мм | Плотность, кг/м^3 | Прочность получаемого камня через 48 ч, МПа | | Водоотделение, мл | Растекаемость, мм | Плотность, кг/м^3 | Прочность получаемого камня через 48 ч, МПа | | |
| | | | | изгиб | сжатие | | | | изгиб | сжатие | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Способ цементирования обсадной колонны в скважине | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,7 | 210 | 1602 | 4,2 | 9,11 | 1 | 220 | 1899 | 7,3 | 34,3 | 32,8 |
| 2 | 0 | 206,5 | 1544 | 4,05 | 10,66 | 2 | 216 | 1901 | 6,9 | 33,6 | 33,5 |
| 3 | 1 | 218 | 1640 | 4,01 | 11 | 2,2 | 218 | 1880 | 7,8 | 34,8 | 33,4 |
| 4 | 0 | 206 | 1546 | 4,17 | 10,6 | 2,2 | 226 | 1905 | 7,9 | 32,5 | 31,3 |
| 5 | 1,4 | 200 | 1545 | 4,1 | 9,8 | 2,4 | 230 | 1903 | 7 | 28,2 | 30,2 |
| 6 | 0 | 202,5 | 1593 | 4,14 | 11,63 | 2,5 | 225 | 1898 | 6,8 | 27,9 | 29,3 |
| 7 | 0 | 190 | 1520 | 4,3 | 11,8 | 3,8 | 236 | 1910 | 7,4 | 29,2 | 28,2 |
| 8 | 0,7 | 210 | 1602 | 4,2 | 9,11 | 3,8 | 242 | 1905 | 7,7 | 28,8 | 26,6 |
| 9 | 0 | 206,5 | 1544 | 4,05 | 10,66 | 4 | 254 | 1915 | 7,5 | 28,4 | 26,7 |
| 10 | 1 | 218 | 1640 | 4,01 | 11 | 4,2 | 240 | 1916 | 6,2 | 26 | 25,8 |
| 11 | 0 | 206 | 1546 | 4,17 | 10,6 | 4,8 | 260 | 1920 | 6,5 | 24 | 23,2 |
| 12 | 1,4 | 200 | 1545 | 4,1 | 9,8 | 5,6 | 250 | 1918 | 6,7 | 23,5 | 24,9 |
| 13 | 0 | 202,5 | 1593 | 4,14 | 11,63 | 5,2 | 245 | 1905 | 6,3 | 24,2 | 26,8 |
| 14 | 0 | 190 | 1520 | 4,3 | 11,8 | 5,4 | 240 | 1910 | 6,8 | 25,7 | 25,2 |
| Способ по наиболее близкому аналогу | | | | | | | | | | | |
| 15 | 1,0 | 218 | 1640 | 4,01 | 11 | 0 | 218,5 | 1589 | 5,03 | 14,8 | - |

Предлагаемый способ повышает эффективность цементирования обсадной колонны за счет повышения качества цементирования в скважинах с остаточными поглощениями бурового раствора, устранения фильтрации цементного раствора после вскрытия пороницаемых пластов и повышения герметичности цементной крепи на контакте цементный камень-горная порода.

(57) Формула изобретения

Способ цементирования обсадной колонны в скважине, включающий последовательную закачку моющей буферной жидкости и порций цементного раствора, первой порции цементного раствора плотностью $1520\text{--}1640 \text{ кг/м}^3$ в объеме,

обеспечивающем заполнение заколонного пространства в скважине в интервале от устья до 100 м от забоя, при этом первая порция цементного раствора содержит сухую цементную смесь, понизитель водоотдачи – ПВС-ВР или ПВА, пеногаситель – ПЕНТА-465 или «FOBR» и воду, в качестве сухой цементной смеси - смесь из портландцемента, 5 облегающего инертного наполнителя – вспененных микрогранул стекла фракций 0,1–1,5 мм или мелкопористых пенокерамических сферических гранул той же фракции, и фиброволокна размером волокон 3–6 мм, диаметром 22–35 мкм при следующем соотношении компонентов, мас. ч.: портландцемент - 100, облегающий инертный наполнитель – вспененные микрогранулы стекла фракцией 0,1–1,5 мм или мелкопористые 10 пенокерамические сферические гранулы той же фракции - 10–23, фиброволокно - 0,1–0,6, понизитель водоотдачи ПВС-ВР или ПВА - 0,5 пеногаситель ПЕНТА-465 или «FOBR» - 0,05, при соотношении сухой цементной смеси к воде – 100 мас. ч. к 60 мас. ч. соответственно, второй порции цементного раствора, продавливание порций цементного раствора, осуществление технологической выдержки на время ожидания затвердевания 15 цементного раствора, отличающийся тем, что вторую порцию цементного раствора закачивают плотностью 1880–1920 кг/м³ в объеме, обеспечивающем заполнение заколонного пространства скважины в интервале 100 м от забоя, при этом вторая порция цементного раствора содержит сухую цементную смесь и воду при соотношении сухой цементной смеси к воде – 100 мас. ч. к 44 мас. ч. соответственно, в качестве сухой 20 цементной смеси применяют смесь из портландцемента тампонажного и цемента с размером частиц 5 микрон при следующем соотношении компонентов, мас. ч.:

| | |
|-----------------------------------|-------|
| портландцемент | 100 |
| цемент с размером частиц 5 микрон | 10–20 |

25

30

35

40

45