

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036147**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.10.05**

(51) Int. Cl. *E21B 47/085* (2012.01)

(21) Номер заявки  
**201792383**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.05.06**

---

(54) **СПОСОБ КАРОТАЖА В СКВАЖИНЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЛАБОЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ ИСХОДНОГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ РАЗМЕЩЕНИЯ ГРАВИЙНОГО ФИЛЬТРА И ЦЕМЕНТА В СКВАЖИНАХ**

---

(31) **62/158,372**

(56) US-A-4950892  
WO-A1-2013044300  
US-A1-20130292109  
US-A1-20070181345  
US-A-4423323  
US-B2-8915310

(32) **2015.05.07**

(33) **US**

(43) **2018.04.30**

(86) **PCT/US2016/031256**

(87) **WO 2016/179516 2016.11.10**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**КАРБО КЕРАМИКС ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:  
**Чжан Цяньмей (Джереми), Смит  
Гарри Д. Джр. (US)**

(74) Представитель:  
**Угрюмов В.М. (RU)**

---

(57) Раскрываются способы проведения каротажа в скважине с использованием естественной радиоактивности, источником которой являются твердые частицы на основе глины. Способы могут предусматривать использование пульпы гравийного фильтра, содержащей жидкость и частицы гравийного фильтра, для гидравлического размещения частиц в зоне гравийного фильтра в стволе скважины, проходящей через подземную толщу горных пород, и получение набора данных после набивки гравийного фильтра путем спуска датчика гамма-излучения в ствол скважины, проходящей через подземную толщу горных пород, и обнаружение гамма-излучения, вызванного природной радиоактивностью частиц гравийного фильтра. Способ дополнительно предусматривает применение набора данных после набивки гравийного фильтра для определения местоположения частиц гравийного фильтра и корреляцию местоположения частиц гравийного фильтра с измерением глубины ствола скважины с целью определения местоположения, высоты и/или процента заполнения гравийного фильтра частицами, размещенными в зоне гравийного фильтра в стволе скважины.

---

**036147**  
**B1**

**036147**  
**B1**

### **Область техники, к которой относится настоящее изобретение**

Настоящее изобретение относится к операциям набивки гравийного фильтра и цементирования, а более конкретно - к способам выявления материала гравийного фильтра или цемента вблизи ствола скважины с применением датчиков гамма-излучения.

### **Предшествующий уровень техники настоящего изобретения**

Существует множество технологий радиоактивного каротажа, которые в прошлом использовали в нефтяных и газовых скважинах для оценки гравия, размещенного в интервале гравийного фильтра в стволе скважины, а также цемента, размещенного в кольцевом пространстве либо между обсадными колоннами, либо между внешней обсадной трубой и стенкой ствола скважины. Оценка гравийного фильтра часто предусматривает 1) скорости счета нейтронного или гамма-излучения в традиционных приборах нейтронного каротажа с применением источников нейтронов; 2) скорости счета и измерения плотности с помощью датчиков гамма-излучения в каротажных приборах для определения плотности с источниками гамма-излучения; 3) скорости счета датчика, измерения содержания кремния и сечения захвата в стволе скважины с помощью приборов импульсного нейтронного каротажа; 4) скорость счета гамма-излучения от радиоактивных индикаторов (генерируемых в ядерном реакторе), смешанных и закачанных в ствол скважины вместе с материалом гравийного фильтра; и 5) измерения содержания и/или затухания при помощи нерадиоактивных индикаторов, добавленных к или включенных в состав твердых веществ фильтра и впоследствии обнаруженных приборами нейтронного или импульсного нейтронного каротажа. Многие из этих радиоактивных технологий (помимо традиционных инструментов оценки цемента на основе акустических источников и приемников) используют также для оценки размещения цемента в стволе скважины. Все эти методы предусматривают применение довольно сложных каротажных приборов с радиоактивными или акустическими источниками, и во многих случаях предусматривают добавление радиоактивных и нерадиоактивных индикаторов в гравийный фильтр и цементные растворы, закачиваемые в ствол скважины. Применение индикаторов и/или сложных каротажных приборов может увеличить общую стоимость скважины.

Способы обнаружения предшествующего уровня техники описаны в публикации EP 0388265 A1, публикации PCT № WO 2011/127156 A2 и патенте США № 4587423. В каждой из этих ссылок описано испускание нейтронов из скважинного прибора в область скважины и окружающего пласта и обнаружение гамма-излучения, возникающего в результате испускания нейтронов скважинным прибором. Каждый из способов, описанных в этих ссылках, требует использования дорогих скважинных инструментов, способных испускать нейтроны в окружающий пласт.

Следовательно, существует потребность в каротажном методе, который не зависит от применения сложных каротажных приборов, содержащих радиоактивные и акустические источники. Кроме того, существует потребность в методе каротажа, который не зависит от добавления индикаторов или индикаторного вещества в гравийный фильтр или цементные растворы.

### **Краткое описание фигур**

На фиг. 1 представлен вид в перспективе примера калибратора гамма-излучения.

На фиг. 2 представлен пример каротажной диаграммы прибора импульсного нейтронного каротажа для выявления немеченного керамического материала в области гравийного фильтра в стволе скважины.

Разные данные, собранные двумя датчиками прибора импульсного нейтронного каротажа во время и между нейтронными импульсами, обрабатывают для построения кривых с тем, чтобы затем использовать их для обнаружения гамма-излучения, исходящего от частиц керамического гравийного фильтра.

### **Подробное раскрытие настоящего изобретения**

В гравийных фильтрах часто используют песчаный или керамический проппант. Один способ оценки качества гравийного фильтра предусматривает использование диаграммы кремниевого активационного каротажа, полученной прибором импульсного нейтронного каротажа. Качество гравийного фильтра также может быть оценено путем применения проппанта (или других твердых веществ фильтра), меченного нерадиоактивным индикатором, который содержит вещество с большим сечением захвата тепловых нейтронов, с последующей оценкой изменений диаграммы сечения захвата (сигма) в стволе скважины, диаграммы скорости счета датчика и/или диаграммы содержания нерадиоактивного индикатора (например, диаграммы содержания гадолиния), где нерадиоактивный индикатор/метка включен(а) в состав проппанта.

Обычный керамический проппант часто изготавливают из глины, которая может содержать небольшие количества естественных радиоактивных элементов (например, урана, тория и калия, и продуктов их распада, включая радий). Таким образом, керамический проппант может обладать значительной естественной радиоактивностью по сравнению с другими твердыми веществами в гравийных фильтрах или естественным фоном гамма-излучения толщ горных пород в стволе скважины. Когда в качестве твердых веществ гравийного фильтра используют керамический проппант или смесь керамического проппанта и (по существу нерадиоактивного) песка, показание диаграммы спектрального гамма-каротажа может повышаться из-за значительной гамма-активности керамического материала в зоне гравийного фильтра, находящейся в непосредственной близости от каротажного прибора.

Было обнаружено, что некоторые твердые вещества, подходящие для размещения в условиях ствола скважины под землей, могут содержать достаточно естественных радиоактивных примесей, что позволяет сопоставлять диаграммы гамма-каротажа до и после размещения твердых веществ и обнаруживать повышение естественной гамма-радиоактивности, источником которой являются помещенные в ствол скважины твердые вещества. Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления гравийный фильтр или цементный раствор может содержать твердые вещества с естественной радиоактивностью. Регистрация естественной гамма-радиоактивности, источником которой являются твердые вещества, может быть использована для обнаружения гравийного фильтра или цемента. Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления диаграммы гамма-каротажа до и после размещения твердых веществ могут быть нормированы перед тем, как оценивать повышение на диаграмме после размещения по сравнению с диаграммой до размещения.

Твердые вещества могут содержать частицы керамического материала. Например, твердые вещества могут содержать частицы гравийного фильтра с керамическим материалом. Частицы гравийного фильтра могут быть получены из исходного вещества с естественной или природной радиоактивностью, например глины, включая, помимо прочего, каолин, боксит и т.п. Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления частицы гравийного фильтра могут быть любым подходящим керамическим пропантом или содержать его. Частицы гравийного фильтра могут быть кремнием и/или глиноземом или содержать их в любых подходящих количествах. В соответствии с несколькими иллюстративными вариантами осуществления частицы гравийного фильтра содержат кремний в количестве меньшем или равном 100 мас.%, меньшем 80 мас.%, меньшем 60 мас.%, меньшем 40 мас.%, меньшем 30 мас.%, меньшем 20 мас.%, меньшем 10 мас.%, меньшем 5 мас.%, исходя из общей массы частиц гравийного фильтра. В соответствии с несколькими иллюстративными вариантами осуществления частицы гравийного фильтра содержат глинозем в количестве по меньшей мере приблизительно 30 мас.%, по меньшей мере приблизительно 50 мас.%, по меньшей мере приблизительно 60 мас.%, по меньшей мере приблизительно 70 мас.%, по меньшей мере приблизительно 80 мас.%, по меньшей мере приблизительно 90 мас.% или по меньшей мере приблизительно 95 мас.%, исходя из общей массы частиц гравийного фильтра. Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления частицы гравийного фильтра могут быть песком или содержать его.

В соответствии с несколькими иллюстративными вариантами осуществления частицы гравийного фильтра, раскрытые в настоящем документе, содержат частицы пропанта, которые по существу округлые и сферические, размером приблизительно от 6 до 270 меш США. Например, размер частиц может быть выражен как показатель зернистости в диапазоне от приблизительно 15 до приблизительно 300, от приблизительно 30 до приблизительно 110 либо от приблизительно 40 до приблизительно 70. В соответствии с такими примерами для определения показателя зернистости образец агломерированных частиц затем просеивают в лаборатории для разделения по размеру, например, средняя крупность от 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200 и 270 меш США. Корреляция между размерами сита и показателем зернистости может быть определена в соответствии с Руководством 106-87-S Сборника требований к испытаниям литейных форм и формовочных стержней Американского литейного общества, известным специалистам в данной области техники.

В соответствии с несколькими иллюстративными вариантами осуществления настоящего изобретения керамический пропант, раскрываемый в настоящем документе, может быть традиционным пропантом или содержать его. Такой традиционный пропант может быть изготовлен в соответствии с любым подходящим процессом, включая, помимо прочего, непрерывное измельчение путем распыления, псевдоожижение распылением, сушку распылением или прессование. Подходящие традиционные пропанты и способы их изготовления описаны в патентах США № 4068718, 4427068, 4440866, 4522731, 4623630, 4658899, 5188175, 8865693, 8883693 и 9175210. Керамические пропанты также могут быть изготовлены способом, который создает пористость в зернах пропанта. Процесс изготовления подходящего пористого керамического пропанта описан в патенте США № 7036591.

Частицы гравийного фильтра могут также содержать вещество, поглощающее тепловые нейтроны. Веществом, поглощающим тепловые нейтроны, может быть бор, кадмий, гадолиний, самарий, иридий или их смесь. К подходящим веществам с большим сечением захвата, содержащим бор, относятся карбид бора, нитрид бора, борная кислота, стекло с высоким содержанием бора, борат цинка, бура и их комбинации. Пропант с массовой долей карбида бора 0,1% имеет макроскопическое сечение захвата - приблизительно 92 единицы захвата. Подходящий пропант с массовой долей окиси гадолия 0,025-0,030% имеет такие же свойства поглощения тепловых нейтронов, что и пропант с массовой долей карбида бора 0,1%. В соответствии с другими вариантами осуществления настоящего изобретения по меньшей мере часть применяемого пропанта содержит вещество, поглощающее тепловые нейтроны, в массовой доле от приблизительно 0,025% до приблизительно 4,0%. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления настоящего изобретения пропант, содержащий вещество, поглощающее тепловые нейтроны, содержит вещество с соединением бора, поглощающее тепловые нейтроны, в концентрации (массовой доле) приблизительно 0,01%, приблизительно 0,05%, или от приблизительно 0,1% до приблизительно 2,0%, приблизительно 3,0%, или приблизительно 4,0%. В соответствии с некоторыми вариантами осуществ-

ствления настоящего изобретения проппант, содержащий вещество, поглощающее тепловые нейтроны, содержит вещество с соединением гадолиния, поглощающее тепловые нейтроны, в концентрации (массовой доле) приблизительно 0,01%, или от приблизительно 0,025 до приблизительно 0,5%, или приблизительно 1,0%.

В настоящем документе термин "цемент" может означать любой подходящий гидравлический цемент. Гидравлический цемент может быть любым подходящим веществом, например кальцием, алюминием, кремнием, кислородом и/или серой, которое схватывается и отвердевает при реакции с водой, или содержать его. Такие гидравлические цементы содержат, помимо прочего, портланд-цементы, пуццолановые цементы, гипсовые цементы, цементы с высоким содержанием глинозема, кремнеземистые цементы, их сочетания и т.п. Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления вещество цемента может иметь природную или естественную радиоактивность. Например, цемент может быть изготовлен из исходного вещества с естественной или природной радиоактивностью, например глины, включая, помимо прочего, каолин, боксит и т.п.

Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления цемент может быть смешан с водой с целью получения цементного раствора для размещения в стволе скважины или кольцевом пространстве. Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления цементный раствор может содержать воду и цемент в любых подходящих количествах. Цементный раствор может содержать цемент в концентрации от приблизительно 1 до приблизительно 20 мас. %.

Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления цемент может быть смешан с водой и частицами гравийного фильтра и/или частицами проппанта с целью получения цементного раствора для размещения в стволе скважины или кольцевом пространстве. Согласно одному или нескольким вариантам осуществления цементный раствор может содержать воду, цемент и частицы проппанта в любых подходящих количествах. Цементный раствор может содержать цемент в концентрации от приблизительно 1 до приблизительно 20 мас. % и проппант в концентрации от приблизительно 5 до приблизительно 70 мас. %.

Частицы гравийного фильтра и/или вещества цемента могут не содержать какого-либо вещества, поглощающего тепловые нейтроны. Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления частицы гравийного фильтра и/или вещества цемента не содержат бора, кадмия, гадолиния, самария, иридия или любых их сочетаний или смесей.

Операции по набивке гравийных фильтров на площадке скважины могут предусматривать смешивание воды с проппантом или частицами гравийного фильтра для получения пульпы гравийного фильтра, которую затем могут закачивать в скважину. Пульпу гравийного фильтра подают в ствол скважины в область гравийного фильтра, содержащую решетку гравийного фильтра, в результате чего гравийный фильтр размещают между решеткой и обсадной трубой. Операции по цементированию на площадке скважины могут предусматривать смешивание воды с цементирующими составами для получения пульпы, которую затем могут закачивать в скважину. Пульпа может также содержать частицы проппанта или гравийного фильтра или может быть смешана с ними до закачки в скважину. Пульпу закачивают в кольцевое пространство между обсадной трубой и толщей горных пород и/или кольцевое пространство между двумя колоннами обсадных труб.

После размещения гравийного фильтра и/или цементного раствора в стволе скважины в ствол скважины может быть спущен датчик гамма-излучения с целью обнаружения гравийного фильтра и/или цемента. Датчик гамма-излучения может входить в состав или представлять собой любой подходящий скважинный прибор. В соответствии с настоящим изобретением примеры скважинных приборов, пригодных для обнаружения гравийных фильтров или цемента, включают, помимо прочего, приборы каротажа во время бурения, приборы инклинометрии в процессе бурения, приборы импульсно-нейтронного каротажа по сечению захвата, приборы компенсированного нейтронного каротажа, приборы акустического каротажа, приборы плотностного каротажа, приборы направленного бурения, ловильный инструмент, приборы для оценки параметров пласта, приборы плотностного гамма-каротажа, приборы гамма-каротажа, приборы гравиметрического каротажа, приборы ядерно-магнитного каротажа, приборы для периодических наблюдений, приборы газового каротажа, приборы нейтронного гамма-каротажа, приборы радиоактивного каротажа, прострелочно-взрывную аппаратуру, приборы для определения пористости, приборы для изучения коллекторских свойств, пробоотборники пластовых флюидов, приборы для измерения пластового давления, пробоотборники твердого материала, приборы каротажа сопротивлений, приборы сейсмического каротажа, приборы для освоения скважины, приборы для измерения искривления скважины и/или телеметрические приборы; при этом другие скважинные приборы также находятся в пределах объема настоящего раскрытия.

В практических применениях, связанных с набивкой гравийных фильтров, процент заполнения частицами гравийного фильтра в кольцевом пространстве, которое образуется между внутренней поверхностью обсадной трубы и внешней поверхностью решетки, может быть оценен по меньшей мере двумя способами. В первом способе наблюдают гамма-излучение, исходящее из двух или нескольких интервалов в области гравийного фильтра в стволе скважины. Интервал с максимальным наблюдаемым повышением гамма-излучения может указывать на 100% заполнение, тогда процент заполнения других ин-

тервалов может быть оценен по увеличению процента естественной гамма-активности в этих других интервалах по сравнению с максимальным (зависимость, в первом приближении, может быть линейной, т.е. 50% увеличение на диаграмме гамма-каротажа соответствует вдвое меньшему заполнению кольцевого пространства). Альтернативно, при лабораторных измерениях или компьютерном моделировании может быть выведена нелинейная зависимость. В практических применениях, связанных с цементированием, способ может быть аналогичным способу в практических применениях, связанных с набивкой гравийного фильтра, при этом повышение скорости счета гамма-излучения непосредственно соотносят с процентом заполнения цементом кольцевого пространства между обсадными колоннами или с объемом цемента в кольцевом пространстве ствола скважины между внешней стенкой обсадной трубы и толщиной горных пород.

В соответствии с одним или несколькими иллюстративными вариантами осуществления процесс выявления интервала с гравийным фильтром с использованием измерений при помощи каротажных приборов, оснащенных датчиком гамма-излучения, предусматривает следующее.

1. Подготовка некоторого количества частиц гравийного фильтра. Частицы гравийного фильтра могут представлять собой или содержать любые описанные в настоящем документе частицы гравийного фильтра. Например, частицы гравийного фильтра могут быть изготовлены из исходного вещества с естественной или природной радиоактивностью, например, глин, включая, помимо прочего, каолин, боксит и т.п. Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления частицы гравийного фильтра могут представлять собой или содержать любой подходящий керамический проппант с любым подходящим содержанием кремния и/или глинозема.

2. Проведение каротажа или регистрация или иным способом получение диаграммы гамма-каротажа через потенциальную зону (зоны) набивки гравийного фильтра до набивки гравийного фильтра с целью получения набора данных до набивки гравийного фильтра и предпочтительно с захватом также зоны вне потенциальных зон гравийного фильтра.

3. Проведение работы по набивке гравийного фильтра в скважине с добавлением частиц гравийного фильтра в пульпу, закачиваемую в ствол скважины. Закачиваемая в ствол скважины пульпа может иметь любое подходящее содержание твердых веществ, а все твердые вещества в пульпе могут иметь любую подходящую концентрацию частиц гравийного фильтра. Твердые вещества пульпы могут содержать частицы гравийного фильтра в концентрации по меньшей мере приблизительно 50 мас.%, по меньшей мере приблизительно 65 мас.%, по меньшей мере приблизительно 75 мас.%, по меньшей мере приблизительно 85 мас.%, по меньшей мере приблизительно 95 мас.%, по меньшей мере приблизительно 99 мас.% или приблизительно 100 мас.%, исходя из общей суммарной массы твердых веществ в сухой пульпе.

4. Проведение гамма-каротажа или регистрация диаграммы гамма-каротажа после набивки гравийного фильтра (по возможности при помощи тот же типа прибора, что использовали при каротаже до набивки гравийного фильтра) через потенциальные изучаемые зоны, с охватом одного или нескольких интервалов гравийного фильтра с целью получения набора данных после набивки гравийного фильтра, с предпочтительным охватом зон вне интервала предполагаемой набивки гравийного фильтра. Каротаж может быть выполнен прибором, центрированным или не центрированным относительно обсадной трубы или колонны насосно-компрессорных труб. Каротаж до набивки гравийного фильтра и после набивки гравийного фильтра предпочтительно выполнять при одинаковом центрировании.

5. Сопоставление наборов данных до набивки гравийного фильтра и после набивки гравийного фильтра по каротажным диаграммам до набивки гравийного фильтра и после набивки гравийного фильтра (после любого нормирования диаграмм) с целью определения местоположения частиц гравийного фильтра в двух или нескольких интервалах глубин в стволе скважины. Если каротаж до набивки гравийного фильтра и после набивки гравийного фильтра проводили при разных состояниях ствола скважины или при помощи различных приборов или источников, может потребоваться нормирование. Это особенно справедливо, если каротажную диаграмму до набивки гравийного фильтра регистрировали на более раннем этапе жизненного цикла скважины с применением измерительного датчика, спускаемого в скважину на кабеле-канате, каротажного датчика с запоминающим устройством и/или датчиков каротажа во время бурения. Процедуры нормирования сопоставляют каротажные данные по каротажным диаграммам до набивки гравийного фильтра и после набивки гравийного фильтра преимущественно из зон вне возможных интервалов набивки фильтра. Поскольку между проведением каротажа до и после набивки изменений в этих зонах не было, каротажные диаграммы усиливают и/или смещают с тем, чтобы в этих интервалах нормирования добиться согласованности между каротажными диаграммами до набивки гравийного фильтра и после набивки гравийного фильтра. Затем те же усиления и смещения применяют к каротажным кривым во всем интервале, охваченном каротажем. Различия в данных указывают на присутствие частиц гравийного фильтра в кольцевой области ствола скважины с гравийным фильтром.

6. Обнаружение местоположения, высоты и/или процента заполнения частицами гравийного фильтра, размещенными в кольцевой области ствола скважины, путем выявления в наблюдаемых каротажных диаграммах интервала с максимальным повышением наблюдаемого гамма-излучения, которое указывает на 100% заполнение, и оценка процента заполнения в остальных интервалах по величине повышения наблюдаемой естественной гамма-активности в других интервалах глубин как процента от наблюдаемо-

го повышения естественной гамма-активности в интервале, который считают заполненным на 100%.

Другие варианты осуществления настоящего изобретения предусматривают изменения в описанных здесь способах; к таким изменениям относятся, кроме прочего, включение множества каротажных диаграмм до набивки гравийного фильтра в сопоставлении каротажных диаграмм до набивки гравийного фильтра и после набивки гравийного фильтра, или применение модельной диаграммы в качестве диаграммы до набивки фильтра (такие модельные каротажные диаграммы получают, например, с использованием нейронных сетей для создания модельных откликов гамма-излучения по другим каротажным диаграммам в открытом или обсаженном стволе скважины), или использование множества стационарных каротажных измерений вместо или в дополнение к данным, собранным при непрерывном каротаже.

В соответствии с одним или несколькими иллюстративными вариантами осуществления процесс выявления интервала цемента с помощью измерений каротажными приборами с датчиком гамма-излучения предусматривает следующее.

1. Подготовка некоторого количества частиц цемента. Частицы цемента могут представлять собой или содержать любые описанные в настоящем документе частицы гравийного фильтра или проппанта. Например, частицы цемента могут быть получены из исходного вещества с естественной или природной радиоактивностью, например, глин, включая, помимо прочего, каолин, боксит и т.п. Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления частицы цемента могут представлять собой или содержать любой пригодный керамический проппант с любым пригодным содержанием кремния и/или глинозема.

2. Проведение каротажа или регистрация или иным способом получение диаграммы гамма-каротажа до цементирования через потенциальную зону (зоны) цементирования с целью получения набора данных до цементирования и предпочтительно с захватом зон вне потенциальных зон цементирования.

3. Проведение работы по цементированию в скважине с включением частиц цемента в пульпу, закачиваемую в ствол скважины. Закачиваемая в ствол скважины пульпа может иметь любое подходящее содержание твердых веществ, а все твердые вещества в пульпе могут иметь любую подходящую концентрацию частиц цемента. Твердые вещества пульпы могут содержать частицы цемента в концентрации по меньшей мере приблизительно 50 мас.%, по меньшей мере приблизительно 65 мас.%, по меньшей мере приблизительно 75 мас.%, по меньшей мере приблизительно 85 мас.%, по меньшей мере приблизительно 95 мас.%, по меньшей мере приблизительно 99 мас.% или приблизительно 100 мас.%, исходя из общей суммарной массы твердых веществ в сухой пульпе.

4. Проведение гамма-каротажа или регистрация диаграммы после цементирования (по возможности при помощи тот же типа прибора, что использовали при каротаже до цементирования) через потенциальные изучаемые зоны, с охватом одного или нескольких интервалов цементирования с целью получения набора данных после цементирования, и предпочтительным включением зон вне интервала предполагаемого цементирования. Каротаж может быть выполнен прибором, центрированным или не центрированным относительно обсадной трубы или колонны насосно-компрессорных труб. Каротаж до цементирования и после цементирования предпочтительно выполнять при одинаковом центрировании.

5. Сопоставление наборов данных до цементирования и после цементирования по каротажным диаграммам до цементирования и после цементирования (после любого нормирования диаграмм) с целью определения местоположения частиц цемента в двух или нескольких интервалах глубин в стволе скважины. Нормирование может быть необходимо, если каротаж до цементирования и после цементирования проводили при разных состояниях ствола скважины или при помощи различных приборов или источников. Это особенно справедливо, если каротажную диаграмму до цементирования регистрировали на более раннем этапе жизненного цикла скважины с применением измерительного датчика, спускаемого в скважину на кабеле-канате, каротажного датчика с запоминающим устройством и/или датчиков каротажа во время бурения. Процедуры нормирования сопоставляют каротажные данные из зон, находящихся преимущественно вне возможных интервалов цементирования, по каротажным диаграммам до цементирования и после цементирования. Поскольку между проведением каротажа до и после набивки изменений в этих зонах не было, каротажные диаграммы усиливают и/или смещают с тем, чтобы в этих интервалах нормирования добиться согласованности между каротажными диаграммами до цементирования и после цементирования. Затем те же усиления и смещения применяют к каротажным кривым во всем интервале каротажа. Различия в данных указывают на присутствие частиц цемента в кольцевой цементированной области ствола скважины.

6. Обнаружение местоположения, высоты и/или процента заполнения цементом, размещенным в кольцевой области ствола скважины, путем выявления в наблюдаемых каротажных диаграммах интервала с максимальным повышением наблюдаемого гамма-излучения, которое указывает на 100% заполнение, и оценка процента заполнения в остальных интервалах по величине повышения наблюдаемой естественной гамма-активности в других интервалах глубин как процента от наблюдаемого повышения естественной гамма-активности в интервале, который считают заполненным на 100%.

Другие варианты осуществления настоящего изобретения предусматривают изменения в описанных здесь способах; к таким изменениям относятся, кроме прочего, включение множества каротажных

диаграмм до цементирования в сопоставлении каротажных диаграмм до цементирования и после цементирования, или применение модельной диаграммы в качестве диаграммы до цементирования (такие модельные каротажные диаграммы получают, например, с использованием нейронных сетей для создания модельных откликов гамма-излучения по другим каротажным диаграммам в открытом или обсаженном стволе скважины), или использование множества стационарных каротажных измерений вместо или в дополнение к данным, собранным при непрерывном каротаже.

Во втором раскрываемом в настоящем документе способе оценки процента заполнения применяют более сложный способ калибровки. Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления устанавливают заранее заданную зависимость между а) наблюдаемой скоростью счета в блоке или зонде датчика гамма-излучения, размещенном в полости калибратора, при этом остальной объем калибратора заполнен радиоактивными твердыми веществами для закачки в ствол скважины; и б) наблюдаемым повышением гамма-активности между диаграммами до набивки гравийного фильтра и диаграммами после набивки гравийного фильтра при известной конфигурации гравийного фильтра в интервале со 100% набивки гравийного фильтра в стволе скважины (что определено другими способами оценки гравийного фильтра). Альтернативно, зависимость может быть определена путем сравнения скорости счета калибратора со скоростью счета гамма-каротажа каротажным прибором, который применяют для определения скорости счета в кольцевом пространстве гравийного фильтра в пластовых условиях в лаборатории. Затем по скорости счета гамма-излучения в калибраторе, заполненном образцом неизвестного природного материала фильтра, пользователь может спрогнозировать ожидаемое повышение в интервале со 100% заполнением материалом, если этот материал заполнения был использован в гравийном фильтре ствола скважины в той же или аналогичной конфигурации фильтра. Пользователь также может использовать измерения калибратора для оценки на основании моделирования (или вывода соответствующей заранее заданной зависимости, определенной при других конфигурациях гравийного фильтра) процента заполнения для неизвестного радиоактивного материала фильтра, когда его применяют с этими другими конфигурациями гравийного фильтра в стволе скважины. Аналогичные процессы могут быть разработаны для оценки цементных растворов с применением калибратора, заполненного цементом или твердыми веществами цемента.

На фиг. 1 представлен пример калибратора 100 гамма-излучения. Калибратор 100 может включать в себя внутреннюю трубу 102 с наружной поверхностью 104 и наружную трубу 106 с внутренней поверхностью 108. Как видно из фиг. 1, между наружной поверхностью 104 внутренней трубы 102 и внутренней поверхностью 108 наружной трубы 106 существует кольцевое пространство 110. Частицы гравийного фильтра, частицы проппанта, проппанта из руды, частицы гравийного фильтра из руды или цемент (образец 112) могут заполнять по меньшей мере часть кольцевого пространства 110. Для сбора данных о скорости счета импульсов гамма-излучения, исходящих от образца, занимающего кольцевое пространство 110, во внутреннюю трубу 102 может быть помещен сцинтилляционный счетчик гамма-излучения (не показан). Калибровочный источник гамма-излучения (не показан), испускающий гамма-излучение известного уровня, может быть использован для "калибровки" счетчика гамма-излучения, который используют в калибраторе 100.

Согласно одному или нескольким иллюстративным вариантам осуществления процедура калибровки для практического применения, связанного с набивкой гравийного фильтра или цементирования, предусматривает 1) снятие первого показания счетчика гамма-излучения при калибраторе 100, не заполненном какими-либо источниками, с целью регистрации окружающей фоновой радиоактивности; 2) размещение калибровочного источника вблизи наружной поверхности наружной трубы 106 при пустом калибраторе 100 с целью калибровки эффективности счета счетчика гамма-излучения с известной мощностью калибровочного источника (включая вычитание естественного фона, который должен быть очень низким) и 3) удаление калибровочного источника и заполнение камеры образцом 112. Первые один-два образца могут быть взяты из партий частиц известного гравийного фильтра, используемых в новой скважине, где наблюдают известное повышение показаний гамма-каротажа в единицах АНИ, исходящего из заполненного на 100% интервала решетки гравийного фильтра. После того как естественный фон вычтен, показания счетчика будут приблизительно определять для этого известного заполняющего материала коэффициент пересчета между показанием счетчика и скоростью счета гамма-каротажа в единицах АНИ в скважине, причем эти источником может быть заполняющий материал. Этот процесс может быть повторен для второй известной скважины с такой же или аналогичной первой скважине конфигурацией ствола скважины с тем, чтобы подтвердить получение такого же коэффициента пересчета. Процедура калибровки дополнительно предусматривает 4) применение моделирования MCNP (программа моделирования процесса переноса ионизирующего излучения с использованием метода Монте-Карло) для сопоставления результатов скорости счета для различных конфигураций гравийного фильтра с целью получения коэффициентов пересчета для каждой общей конфигурации решетки гравийного фильтра/обсадной трубы.

После завершения и проверки этой начальной процедуры неизвестный радиоактивный проппант или проппант из руды (или цемент или твердые вещества цемента), запланированные для применения в будущей скважине, могут быть пропущены через калибратор 100 со снятием показаний счетчика. Затем

на основании показаний счетчика и конфигурации ствола будущей скважины коэффициент пересчета может быть использован для прогнозирования повышения показаний гамма-каротажа в единицах АНИ (по сравнению с показаниями гамма-каротажа до размещения), получаемого при 100% заполнении кольцевого пространства между трубами гравийным фильтром (или цементом). Затем его можно линейно масштабировать для получения процента заполнения (например, повышение гамма-излучения наполовину равно 50% заполнения). Если оказывается, что аппроксимация линейным масштабированием недостаточно точна, для вывода нелинейной зависимости между процентом повышения гамма-излучения и процентом заполнения может быть использовано моделирование и/или проведение экспериментов. При применении цементирования или гравийного фильтра в открытом стволе с размещением цемента или материала фильтра между наружной трубой и стенкой ствола скважины, повышение гамма-излучения будет напрямую связано с объемом цемента или материала фильтра в кольцевом пространстве между трубой и стволом скважины.

Следует отметить, что калибратор 100 может быть просто использован на месторождении или на установке для подготовки проппанта или цемента с целью оценки образцов проппанта, цемента или руды для прогнозирования возможного их влияния на гамма-каротаж в скважинах. Эта информация может помочь определить какую покупать руду или какие проплаты или цементы изготавливать или применять в конкретном стволе скважины.

Согласно некоторым вариантам осуществления компания-оператор может не пожелать превышения естественной гамма-радиоактивности в избранных скважинах после процедур набивки или цементирования (возможно, для более простого обнаружения радиоактивных солей, откладывающихся в перфорационных каналах или в цементном кольцевом пространстве за счет поступления воды или заколонных перетоков). Согласно таким вариантам осуществления калибратор может быть использован для выбора материала фильтра или твердых веществ цемента, которые планируют использовать, для исключения партий с избыточной естественной радиоактивностью.

Следующий пример приведен для демонстрации иллюстративных вариантов осуществления настоящего изобретения. Специалистам в данной области техники будет очевидно, что раскрываемые в этом примере технологии носят только иллюстративный характер и не являются ограничивающими. Конечно, в свете настоящего раскрытия специалистам в данной области техники будет очевидно, что, не выходя за пределы сути и объема настоящего изобретения, в конкретные описанные варианты осуществления может быть внесено много изменений, и при этом будет получен аналогичный или похожий результат.

### Пример

Применение некоторых вариантов осуществления было продемонстрировано в промысловых испытаниях скважины, это проиллюстрировано на фиг. 2. В этой скважине пространство между наружной стенкой обсадной трубы скважины и внутренней поверхностью хвостовика/решетки было заполнено керамическим проппантом, меченным  $Gd_2O_3$ . До набивки гравийного фильтра скважина была перфорирована, и в ней был выполнен гидравлический разрыв пласта, как указано на фигуре. Следовательно, в результате работ по набивке фильтра керамический проппант, меченный  $Gd_2O_3$ , был также размещен в тонких трещинах толщи горных пород. Ранее в скважине был проведен каротаж в открытом стволе, а затем после размещения гравийного фильтра был проведен импульсно-нейтронный каротаж по сечению захвата с двумя датчиками и спектральный гамма-каротаж при помощи комбинированного каротажного прибора. Однако непосредственно перед набивкой гравийного фильтра каротаж в открытом стволе проведен не был. После набивки гравийного фильтра был выполнен спуско-подъем каротажного прибора в режиме регистрации фона, регистрации отношения С/О и регистрации сечения захвата тепловых нейтронов. Была получена диаграмма спектрального гамма-каротажа в обсаженном стволе, а диаграмма сечения захвата тепловых нейтронов в стволе скважины и диаграмма сечения захвата тепловых нейтронов в пласте были получены путем преобразования разрезов сечения захвата для компонент в стволе скважины и пласте. Скорость счета датчика гамма-излучения радиационного захвата вычисляли в режиме регистрации сечения захвата тепловых нейтронов. Диаграмму содержания гадолиния вычисляли независимо в режиме регистрации сечения захвата тепловых нейтронов и в режиме регистрации С/О.

На фиг. 2 представлены следующие доступные для анализа диаграммы: диаграмма спектрального гамма-каротажа в открытом стволе и диаграмма спектрального гамма-каротажа в обсаженном стволе после набивки фильтра при выключенном генераторе нейтронов (дорожка 1); зоны перфорации (дорожка 2); механическая конструкция фильтра (дорожка 3); диаграмма кремниевого активационного каротажа (дорожка 5); диаграмма сечения захвата тепловых нейтронов в стволе скважины (дорожка 6); диаграмма относительного содержания гадолиния (дорожка 7); диаграмма спектрального гамма-каротажа в открытом стволе и нормированная диаграмма спектрального гамма-каротажа в обсаженном стволе после набивки фильтра (дорожка 8). Результаты анализа объема проппанта, меченого нерадиоактивным индикатором, представлены на фиг. 2 в дорожке 9. Представление каротажных диаграмм было разделено на 5 под-интервалов/зон (дорожка 4), отличающихся системой труб ствола скважины (зона 3 в верхней части диаграммы).



Результаты наблюдения.

В дорожке 1 представлена диаграмма спектрального гамма-каротажа в обсаженном стволе после набивки гравийного фильтра (GR\_Gravel) при выключенном генераторе нейтронов вместе с диаграммой спектрального гамма-каротажа в открытом стволе (GR\_OH). Видно, что ненормированная диаграмма спектрального гамма-каротажа в обсаженном стволе после набивки фильтра имеет в целом значительно более низкие значения, чем диаграмма спектрального гамма-каротажа в открытом стволе в интервалах глубин без набивки фильтра; причина состоит в экранировании обсадной трубой и цементом после заканчивания скважины. Однако в интервале фильтра значения диаграммы спектрального гамма-каротажа в обсаженном стволе приблизительно на 30 единиц АНИ выше, чем в других интервалах диаграммы (и ближе к диаграмме гамма-каротажа в открытом стволе в интервале фильтра). Более того, верх гравийного фильтра на глубине  $\times 280$  м ( $\times 917$  футов) и профиль гравийного фильтра (что известно из предшествующих диаграмм гравийного фильтра) хорошо согласуются с относительными повышениями скорости счета на диаграмме спектрального гамма-каротажа в обсаженном стволе после набивки гравийного фильтра.

Диаграмма кремниевого активационного каротажа гравийного фильтра в дорожке 5 также демонстрирует очень четкий сигнал от гравийного фильтра ниже  $\times 280$  м ( $\times 917$  футов). Без ограничения какой-либо теорией, керамический проппант содержит кремний в высокой концентрации. Однако диаграммы кремниевого активационного каротажа могут находиться под некоторым влиянием нейтронной активации другого вещества, например, железа/марганца в зоне 4, где толщина стенок трубы в конструкции фильтра увеличена.

Диаграмма сечения захвата тепловых нейтронов в стволе скважины (дорожка 6) демонстрирует четкий сигнал от гравийного фильтра ниже  $\times 280$  м ( $\times 917$  футов), где диаграмма демонстрирует значительное возрастание по сравнению с интервалом глубин неперфорированной трубы, в котором сигнала гравийного фильтра нет. Увеличение сечения захвата тепловых нейтронов в стволе скважины в других интервалах глубин (например, в зонах 3 и 4), вероятно, связаны с увеличением толщины стенки устройства гидроразрыва пласта, которое изготовлено преимущественно из железа и имеет большое сечение поглощения тепловых нейтронов. В дорожке 6 понижения на диаграмме сечения захвата тепловых нейтронов в стволе скважины на глубине  $\times 286$  м ( $\times 939$  футов), вероятно, связаны со значительным уменьшением сечения захвата в пласте на той же глубине, поскольку сечения захвата в пласте и в стволе скважины не являются полностью независимыми параметрами. Однако снижение на диаграмме сечения захвата тепловых нейтронов в стволе скважины в дорожке 6 на глубине  $\times 289$  м ( $\times 947$  футов) связано с недостаточной набивкой гравийного фильтра, поскольку на это также указывают другие диаграммы на этой же глубине (например, диаграмма кремниевого активационного каротажа в дорожке 5, диаграмма относительного содержания гадолиния в дорожке 7 и диаграмма спектрального гамма-каротажа в обсаженном стволе в дорожках 1 и 8).

В дорожке 7 представлена диаграмма относительного содержания гадолиния в режиме регистрации С/О. Диаграмма относительного содержания гадолиния демонстрирует хороший сигнал от гравия ниже  $\times 280$  м ( $\times 917$  футов), а также сигнал чище в других зонах (например, в зоне 4) по сравнению с диаграммой сечения захвата тепловых нейтронов в стволе скважины и диаграммой кремниевого активационного каротажа. Причина состоит в том, что присутствие железа в области ствола скважины значительно меньше влияет на измерение относительного содержания гадолиния, чем на измерение сечения захвата тепловых нейтронов в стволе скважины.

Диаграмму спектрального гамма-каротажа в обсаженном стволе после набивки гравийного фильтра в дорожке 1 нормировали к виду диаграммы спектрального гамма-каротажа в открытом стволе в интервале неперфорированной трубы, где нет материала гравийного фильтра, чтобы компенсировать эффекты затухания в обсадной трубе и цементе, а затем ее сопоставляли с диаграммой гамма-каротажа в открытом стволе; результаты представлены в дорожке 8. Ясно, что после нормирования диаграммы сопоставление (разность между) диаграммой нормированного спектрального гамма-каротажа в обсаженном стволе после набивки гравийного фильтра и диаграммой спектрального гамма-каротажа в открытом стволе четко указывает на интервал и профиль гравийного фильтра (подкрашен желтым). Верх гравийного фильтра находится приблизительно на  $\times 280$  м ( $\times 917$  футах), на  $\times 289$  м ( $\times 947$  футах) имеется пустота, что согласуется с другими диаграммами гравийного фильтра. В интервале гравийного фильтра нормированная диаграмма спектрального гамма-каротажа в обсаженном стволе приблизительно на 65 единиц АНИ выше диаграммы спектрального гамма-каротажа в открытом стволе. Поскольку скорость спектрального гамма-каротажа в этой скважине приблизительно в три раза выше, чем скорость каротажа содержания гадолиния, диаграмма спектрального гамма-каротажа носит более статистический характер, чем диаграмма содержания гадолиния. Согласно некоторым вариантам осуществления скорость каротажа ниже или может быть применено осреднение повторных диаграмм (для снижения статистической неопределенности диаграммы).

Если диаграммы спектрального гамма-каротажа в открытом стволе (или диаграмма гамма-каротажа в обсаженном стволе до набивки гравийного фильтра) для сопоставления с диаграммой после набивки гравийного фильтра нет и известно, что изучаемая зона обладает относительно постоянной гамма-

активностью, базовую линию на диаграмме спектрального гамма-каротажа после набивки гравийного фильтра можно провести непосредственно над интервалом гравийного фильтра, а затем качество гравийного фильтра может быть определено по величине повышения гамма-активности относительно базовой линии. В этом случае нет необходимости нормировать диаграмму. Таким способом можно получить верх гравийного фильтра и заполнение гравием кольцевого пространства. Однако результат может не быть таким же количественным, как при сопоставлении диаграммы гамма-каротажа в открытом стволе или диаграммы гамма-каротажа в обсаженном стволе до набивки гравийного фильтра с диаграммой гамма-каротажа после набивки фильтра.

Относительный объем гравийного фильтра (светлая штриховка в дорожке 9) получают в предположении отсутствия гравийного фильтра (0%) на глубине  $\times 277$  м ( $\times 910$  футов) и максимального гравийного фильтра (100%) на глубине  $\times 281$  м ( $\times 921$  фут). Более того, при расчете относительного объема проппанта в кольцевом пространстве вносят поправку за разность объемов в кольцевом пространстве вне перфорированной трубы, решетки и соединений обсадных труб. Относительный объем в отсутствие фильтра подкрашен синим цветом.

На основании результатов, полученных при этих промысловых испытаниях, ясно, что диаграмму спектрального гамма-каротажа можно применять для оценки качества гравийного фильтра, если в качестве материала гравийного фильтра или в его составе использован керамический проппант с естественной радиоактивностью. Несмотря на то, что меченный нерадиоактивным индикатором керамический проппант использовали в этой скважине для обеспечения сопоставления разных способов оценки гравийного фильтра, обычный керамический проппант (не меченный нерадиоактивным индикатором) или другие традиционные смеси проппантов будут одинаково хорошо работать для оценки гравийного фильтра с использованием прибора спектрального гамма-каротажа, поскольку нерадиоактивный индикатор не влияет на спектральный гамма-каротажа.

Если описанный выше калибратор был бы заполнен проппантом с естественной радиоактивностью, используемым в этой скважине, для этой конфигурации гравийного фильтра можно было бы вывести взаимосвязь между показанием счетчика калибратора и максимальным повышением на диаграмме гамма-каротажа (указывающим на 100% заполнение). Кроме того, можно было бы вывести взаимосвязь между показанием счетчика калибратора и повышениями на диаграмме гамма-каротажа для разных процентов заполнения объема гравийного фильтра при конкретной решетке, обсадной трубе, цементе и/или конфигурации скважины. Тогда калибратор может быть использован для измерения активности гамма-излучения от неизвестного образца проппанта с естественной радиоактивностью, который планируют для работы в будущем (аналогичном по конфигурации) гравийном фильтре, чтобы спрогнозировать по показаниям счетчика калибратора величину повышения диаграммы гамма-каротажа при 100% заполнении; затем частичное заполнение по всему интервалу фильтра может быть приведено к масштабу процента максимального повышения гамма-излучения.

Следует понимать, что подробное описание приведено выше исключительно для иллюстрации и примера, при этом суть и объем настоящего изобретения ограничиваются только прилагаемой формулой изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ каротажа в скважине для выявления материала гравийного фильтра вблизи ствола скважины, предусматривающий
  - получение набора данных до набивки гравийного фильтра;
  - размещение пульпы гравийного фильтра, содержащей жидкость и частицы гравийного фильтра в зоне гравийного фильтра в стволе скважины, проходящей через подземную толщу горных пород;
  - получение набора данных после набивки гравийного фильтра путем спуска датчика гамма-излучения в ствол скважины, проходящей через подземную толщу горных пород; и
  - регистрации гамма-излучения, исходящего от частиц гравийного фильтра, причем частицы гравийного фильтра изготовлены из глины, содержащей радиоактивные элементы, испускающие гамма-излучение;
  - сопоставление наборов данных после набивки гравийного фильтра и до набивки гравийного фильтра для определения местоположения частиц гравийного фильтра;
  - корреляцию местоположения частиц гравийного фильтра с измерением глубины в стволе скважины для определения местоположения, высоты и/или процента заполнения гравийного фильтра частицами, размещенными в зоне гравийного фильтра в стволе скважины.
2. Способ по п.1, в котором частицы гравийного фильтра не содержат гадолиния.
3. Способ по п.2, в котором глина содержит каолин.
4. Способ по п.3, в котором глина дополнительно содержит боксит.
5. Способ по п.1, в котором частицы гравийного фильтра не содержат бора, кадмия, гадолиния, сармариума или иридия.

6. Способ по п.1, дополнительно предусматривающий получение набора данных до набивки гравийного фильтра путем

спуска датчика гамма-излучения в ствол скважины, проходящей через подземную толщу горных пород; и

регистрации гамма-излучения,

причем набор данных до набивки гравийного фильтра получают до размещения частиц в зоне гравийного фильтра в стволе скважины.

7. Способ каротажа в скважине для выявления материала цемента фильтра вблизи ствола скважины, предусматривающий

получение набора данных до цементирования;

цементирование одного или более трубных элементов на месте с помощью цементного раствора, содержащего жидкость и твердые частицы с получением цементированной зоны ствола скважины, проходящей через подземную толщу горных пород;

получение набора данных после цементирования путем

спуска датчика гамма-излучения в ствол скважины, проходящий через подземную толщу горных пород; и

регистрации гамма-излучения, исходящего от твердых частиц, причем твердые частицы изготовлены из глины, содержащей радиоактивные элементы, испускающие гамма-излучение;

сопоставление наборов данных после цементирования и до цементирования для определения местоположения твердых частиц;

корреляцию местоположения твердых частиц с измерением глубины в стволе скважины для определения местоположения, продольного распределения, поперечного распределения и/или высоты цементного раствора, размещенного в цементированной зоне ствола скважины.

8. Способ по п.7, в котором глину выбирают из группы, состоящей из каолина, боксита и любой их смеси.

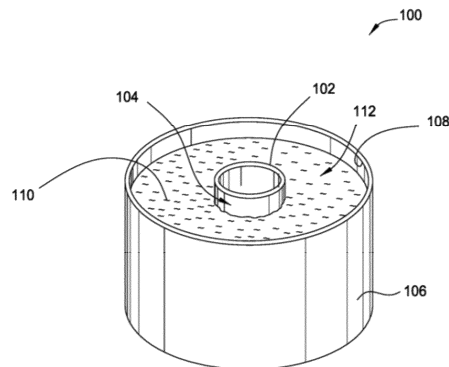
9. Способ по п.7, в котором твердые частицы не содержат бора, кадмия, гадолиния, самария или иридия.

10. Способ по п.7, дополнительно предусматривающий получение набора данных до цементирования путем

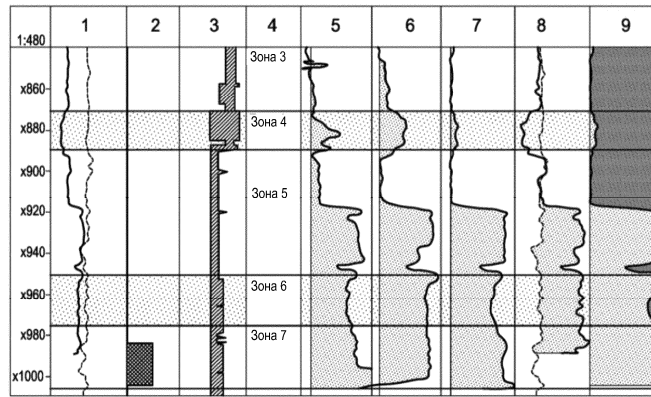
спуска датчика гамма-излучения в ствол скважины, проходящей через подземную толщу горных пород; и

регистрации гамма-излучения,

причем набор данных до цементирования получают до цементирования одного или более трубных элементов на месте в стволе скважины.



Фиг. 1



Фиг. 2