



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013101597/28, 06.06.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
06.06.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
16.06.2010 US 12/817,060

(43) Дата публикации заявки: 27.07.2014 Бюл. № 21

(45) Опубликовано: 20.08.2015 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1282032 A1, 07.01.1987. RU 2368922 C2, 27.09.2009 . EA 06075 B1, 25.08.2005 . US 2010/0082255 A1, 01.04.2010 . WO 200816638 A2, 07.02.2008 . US 7027923 B2, 11.04.2006

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 16.01.2013

(86) Заявка РСТ:  
US 2011/039256 (06.06.2011)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2011/159508 (22.12.2011)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,  
ООО "Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**ХОУМАН Дин (US),  
ВИХЕРС Вих (NL),  
ВАНГ Ханминг (US),  
ЛИВЕРИДЖ Роберт (GB)**

(73) Патентообладатель(и):

**ШЛЮМБЕРГЕР ТЕКНОЛОДЖИ Б.В. (NL)**

**(54) УТОЧНЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТАЦИИ ПРОВОДЯЩЕГО ПЛАСТА ЗА СЧЕТ  
ВЫПОЛНЕНИЯ КОРРЕКЦИИ ОШИБКИ ЗОНДА В СТВОЛЕ СКВАЖИНЫ**

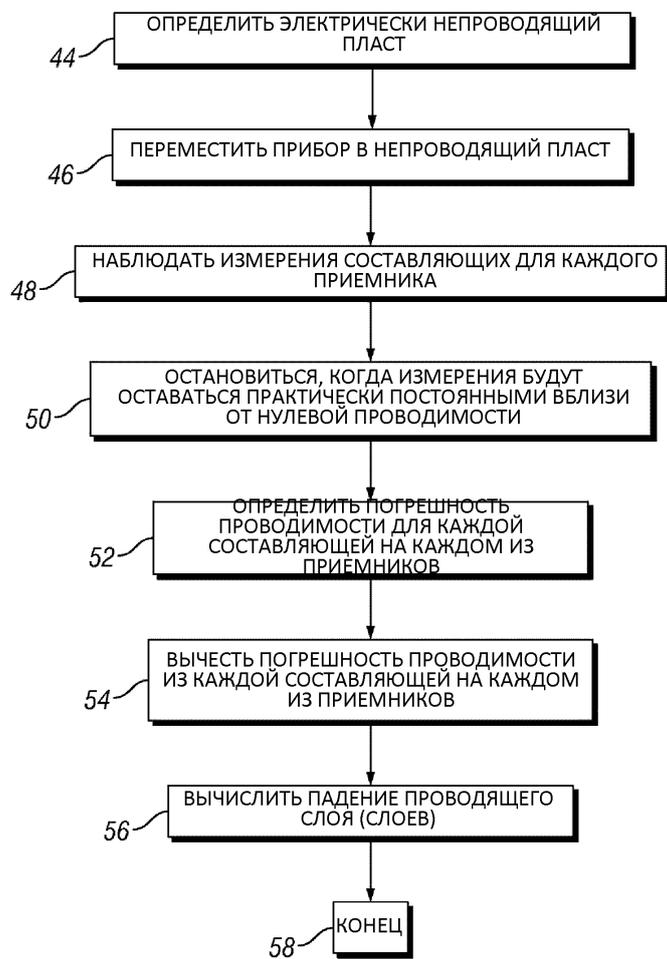
(57) Реферат:

Изобретение относится к индукционному каротажу. Сущность: способ включает измерение многоосевого индукционного отклика внутри практически непроводящего пласта с использованием прибора, помещенного в ствол скважины, пробуренной в свите пластов. Разность относительно нулевой проводимости определяется для каждого измерения составляющей многоосевого индукционного

отклика. Разности используются для того, чтобы скорректировать измеренный отклик измерения каждой составляющей в электрически проводящем пласте. Скорректированные измерения составляющих используются для того, чтобы определить ориентацию проводящего пласта. Технический результат: повышение точности определения падения пластов. 2 н. и, 18 з.п. ф-лы, 8 ил.

RU 2 560 741 C2

RU 2 560 741 C2



Фиг. 6



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013101597/28, 06.06.2011

(24) Effective date for property rights:  
06.06.2011

Priority:

(30) Convention priority:  
16.06.2010 US 12/817,060

(43) Application published: 27.07.2014 Bull. № 21

(45) Date of publication: 20.08.2015 Bull. № 23

(85) Commencement of national phase: 16.01.2013

(86) PCT application:  
US 2011/039256 (06.06.2011)

(87) PCT publication:  
WO 2011/159508 (22.12.2011)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,  
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

**KhOUMAN Din (US),  
VIKHERS Vikh (NL),  
VANG Khanming (US),  
LIVERIDZh Robert (GB)**

(73) Proprietor(s):

**ShLJuMBERGER TEKNOLODZhI B.V. (NL)**

RU 2 560 741 C2

RU 2 560 741 C2

(54) **IMPROVED DETERMINATION OF ORIENTATION OF CONDUCTIVE BED DUE TO ERROR CORRECTION OF PROBE IN WELLBORE**

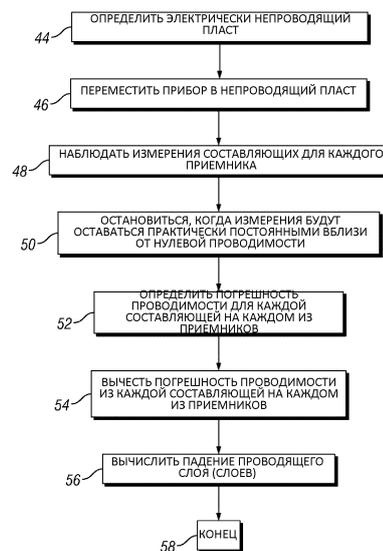
(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention relates to the electromagnetic logging. Essence: method includes measurement of multi-axial induction response inside the practically non-conducting bed using the device installed in the wellbore drilled in bed series. Difference relatively to zero conductivity is determined for each measurement of component of the multi-axial induction response. Differences are used to correct the measured response of each component on electrically conducting bed. The corrected measurements of the components are used to determine orientation of the conducting bed.

EFFECT: increased accuracy of determination of beds inclination.

20 cl, 8 dwg



Фиг. 6

## Предпосылки создания изобретения

### Область техники

[0001] Изобретение относится, в общем случае, к области индукционных каротажных приборов и способов каротажа скважины. Более конкретно изобретение относится к способам для коррекции многоосевых индукционных измерений в отношении эффектов “ошибки зонда” и для использования скорректированных измерений ошибки с целью более точного определения падения проводящих горных пластов.

### Уровень техники

[0002] Одной из конкретных целей индукционного каротажа скважин является определение электрической проводимости горных пластов. Удельное электрическое сопротивление относится к представляющим интерес параметрам таких пластов, включая парциальный объем порового пространства пласта и остаточную насыщенность поровых пространств пласта. В общем случае индукционный каротаж скважин включает перемещение прибора вдоль ствола скважины, пробуренной через горные пласты. Прибор включает одну или более антенн передатчика (в типичном случае в виде проволочных спиралей) и одну или более антенн приемника (также в типичном случае в виде проволочных спиралей). Переменный ток проходит через передатчик (передатчики), и детектируются сигналы от приемника (приемников), соответствующие напряжениям, наведенным в приемниках за счет электромагнитной индукции. Характеристики наведенных напряжений, например амплитуды и фазы относительно тока передатчика, связаны с удельным электрическим сопротивлением (проводимостью) горных пород. Типичные индукционные каротажные приборы включают несколько передатчиков и приемников, разнесенных в пространстве друг относительно друга на выбранные расстояния вдоль длины прибора, так что характеристики горных пород могут быть исследованы на совокупности боковых расстояний («глубин исследования») относительно продольной оси ствола скважины.

[0003] Индукционные каротажные приборы и способы интерпретации измерений, сделанных с их использованием, включают прибор, используемый для предоставления услуг под товарным знаком RT SCANNER, который является товарным знаком патентообладателя настоящего изобретения. Вышеупомянутый прибор включает совокупность «многоосевых» антенн, означающую, что каждая из антенн имеет дипольные моменты, ориентированные вдоль совокупности различных осей. Каждая из многоосевых антенн в вышеупомянутом приборе содержит проволочную катушку, ориентированную таким образом, что магнитный дипольный момент располагается вдоль продольной оси прибора, а две дополнительные практически совмещенные проволочные катушки ориентированы таким образом, что их дипольные моменты практически перпендикулярны оси прибора, и практически перпендикулярны друг другу. Такие антенны могут рассматриваться как «трехосные» антенны. Одна из трехосных антенн используется как передатчик, а совокупность трехосных катушек, используемых как антенны приемника, расположена вдоль прибора на выбранных расстояниях в осевом направлении относительно передатчика. Конкретное размещение антенн в любом примере не рассматривается в качестве ограничения объема настоящего изобретения.

[0004] Важным назначением для вышеупомянутого индукционного скважинного прибора является способность определить удельное электрическое сопротивление горных пластов как параллельно направлению слоев горных пластов («плоскостей напластований»), так и в направлениях перпендикулярных плоскостям напластований. В рассматриваемой области техники известно, что определенные горные пласты состоят

из совокупности слоев пористой проницаемой породы, чередующихся со слоями практически непроницаемой породы, включающей значительный объем глинистых минералов. Такие пласты, называемые «слоистыми» пластами, известны как продуктивные в отношении добычи углеводородов и имеют совершенно разное удельное электрическое сопротивление параллельно плоскости напластований по сравнению с перпендикулярным направлением к плоскости напластований.

[0005] Важная часть работы по интерпретации измерений с использованием вышеупомянутого типа прибора состоит в том, чтобы скорректировать измерения с учетом эффектов за счет ствола скважины (что составляет определенную долю объема исследования различных приемников) и с учетом эффектов за счет пластов, имеющих плоскости напластований, расположенные относительно оси ствола скважины под углами, отличными от перпендикуляра. Известные в рассматриваемой области техники способы для определения удельного электрического сопротивления таких пластов, использующие многоосевые индукционные измерения, описаны, например, в опубликованной заявке на патент США №2010/0082255, поданной Давыдычевой и др., которая основана на патентной заявке, принадлежащей патентообладателю настоящего изобретения.

[0006] В определенных случаях электрически проводящие пласты могут располагаться внутри или вблизи от электрически практически непроводящих пластов. В таких случаях, в зависимости от толщины проводящего пласта, может оказаться возможным или невозможным определить точное значение электрической проводимости (удельного электрического сопротивления) с использованием приборов индукционного типа. Однако было установлено, что такие электрически проводящие пласты, расположенные подобным образом, остаются поддающимися определению их геодезической ориентации (падения пласта), поскольку индукционный прибор чувствителен к их присутствию. Известные в рассматриваемой области техники способы, такие как способ, описанный в указанной выше опубликованной заявке №2010/0082255, могут использоваться для определения ориентаций подобных пластов. Однако за счет низкой проводимости окружающих пластов, определенное подобным способом падение пласта имеет ограничения по точности вследствие относительно низкой точности индукционных измерений в нижележащих, практически непроводящих пластах. Одна из методик увеличения точности состоит в том, чтобы скорректировать отклик прибора для «ошибки зонда», которая представляет собой сигнал ненулевой проводимости с выхода прибора, когда прибор располагается в окружающей среде с практически нулевой проводимостью. См. например, патент США №7027923, выданный Барберу и др.

[0007] Существует необходимость усовершенствования способов для определения падения проводящего пласта, когда в стволе скважины присутствуют практически непроводящие пласты.

Сущность изобретения

[0008] Способ в соответствии с одним аспектом изобретения для определения ориентации электрически проводящего пласта вблизи электрически практически непроводящего пласта, включает измерение многоосевого индукционного отклика в пределах практически непроводящего пласта с использованием прибора, помещенного в ствол скважины, пробуренной сквозь пласты. Разность относительно нулевой проводимости определяется для измерения каждой составляющей многоосевого индукционного отклика. Разности используются для того, чтобы скорректировать измеренный отклик каждого измерения компонента, выполненного в электрически проводящем пласте. Скорректированные измерения составляющих используются для

определения ориентации проводящего пласта.

[0009] Способ в соответствии с другим аспектом изобретения для определения ориентации электрически проводящего пласта вблизи электрически практически непроводящего пласта для определения ориентации электрически проводящей толщи пород вблизи электрически практически непроводящего подземного пласта, включает измеренный многоосевой электромагнитный индукционный отклик внутри практически непроводящего пласта, по меньшей мере, в одном пространстве от передатчика до приемника с использованием прибора, размещенного в стволе скважины, пробуренной в подземных пластах. Разность относительно нулевой проводимости определяется для измерения каждой составляющей многоосевого индукционного отклика, выполненного в практически непроводящей породе. Разности используются для того, чтобы скорректировать измеренный отклик измерения каждой составляющей, выполненный, по меньшей мере, в одном электрически проводящем пласте. Скорректированные измерения составляющих используются для определения ориентации проводящего пласта.

[0010] Другие аспекты и преимущества изобретения станут очевидными из приведенного ниже описания и прилагаемой формулы изобретения.

Краткое описание чертежей

[0011] Фиг.1 показывает пример многоосевого индукционного каротажного прибора, расположенного в стволе скважины, пробуренной в подземных пластах.

[0012] Фиг.2 показывает пример трехосевой индукционной катушки, которая может использоваться в различных примерах каротажного прибора, такого как на Фиг.1.

[0013] Фиг.3 показывает пример слоистого пласта, включающего два электрически проводящих слоя, расположенных под выбранным углом падения внутри практически электрически непроводящих пластов.

[0014] Фиг.4 показывает каждое из девяти измерений составляющих, выполненных прибором на Фиг.1 с использованием одного из многоосевых приемников.

[0015] Фиг.5 показывает сравнение падения пласта, рассчитанного путем инверсионной обработки измерений составляющих, показанных на Фиг.4, с фактическим падением пласта, использованным в примере на Фиг.3.

[0016] Фиг.6 показывает блок-схему примера реализации способа в соответствии с изобретением.

[0017] Фиг.7 показывает использование способа в соответствии с изобретением для определения направления бурения, чтобы обеспечить выход ствола скважины из соляной структуры.

[0018] Фиг.8 показывает использование способа в соответствии с изобретением для определения падения зон поглощения бурового раствора и/или трещиноватых пластов.

Подробное описание изобретения

[0019] Фиг.1 показывает пример многоосевого индукционного каротажного прибора, используемого с целью получения сигналов для обработки в соответствии с различными аспектами настоящего изобретения. Прибор 10 можно перемещать на конце бронированного электрического кабеля 20 сквозь ствол скважины 12, пробуренной в подземных пластах 16, 18. Кабель 20 можно опускать в ствол скважины 12 и извлекать из ствола скважины 12 с целью перемещения прибора 10 при помощи буровой лебедки 22 или подобного ей устройства для намотки каната, известного в рассматриваемой области техники. Питание для работы прибора может быть обеспечено за счет регистрирующего устройства 24, размещенного на поверхности и находящегося в электрической и/или оптической связи с электрическими и/или оптическими

проводниками (отдельно не показаны) в кабеле 20. Сигналы от прибора 10 могут передаваться по кабелю 20 на регистрирующее устройство 24.

[0020] Прибор 10 может включать в общем случае вытянутый корпус 10А, имеющий конфигурацию для перемещения вдоль ствола скважины 12. В настоящем примере прибор 10 может включать трехосевую антенну передатчика Т и несколько разнесенных в пространстве трехосевых антенн приемников R1-R6, размещенных в выбранных положениях относительно передатчика Т. Подробности в отношении антенн передатчика и приемников будут рассмотрены ниже со ссылкой на Фиг.2. Хотя настоящий пример включает один передатчик и шесть разнесенных в пространстве приемников, число передатчиков и приемников не является ограничением для объема настоящего изобретения. В типичном случае прибор 10 будет включать электрическую схему, показанную в общем как позиция 11, для пропускания электрического тока через передатчик Т и детектирования напряжений, наведенных в приемниках R1-R6. Сигналы, соответствующие обнаруженным напряжениям, могут быть отформатированы с целью передачи на регистрирующее устройство 24 для записи и расшифровки.

[0021] Ствол скважины 12 может быть заполнен флюидом 14, называемым «буровым раствором» и используемым во время бурения ствола скважины 12. В некоторых примерах буровой раствор 14 может содержать в своей дисперсионной среде электрически непроводящий материал, такой как нефть. Другие примеры в качестве дисперсионной среды могут содержать воду и, таким образом, давать электрически проводящий материал. Ожидается, что стволы скважин, содержащие в себе буровой раствор на нефтяной основе, могут обеспечивать лучшие результаты, поскольку в таких случаях практически отсутствует индукционный сигнал, возникающий в стволе скважины, однако также ожидается, что электрически проводящий буровой раствор будет также обеспечивать удовлетворительные результаты. Как будет показано ниже, измерения, выполненные прибором 10 в стволе скважины при определенных условиях, можно использовать для коррекции других измерений, выполненных прибором 10 для «ошибки зонда» (измерения ненулевой проводимости в окружающей среде с практически нулевой проводимостью). Цель такой коррекции состоит в улучшении точности определения ориентации («падения пласта»), когда относительно тонкие, электрически проводящие пласты располагаются вблизи или внутри электрически непроводящих или практически непроводящих пластов.

[0022] Один из горных пластов, показанных в позиции 18, может быть электрически проводящим и может состоять из одного или из большего числа дискретных слоев, показанных, в общем случае, в позициях 17, 19 и 21. Слои 17, 19 и 21 могут быть практически электрически проводящими. Прилегающий пласт 28 может быть практически электрически непроводящим. Как показано на Фиг.1, это также может быть случаем, когда плоскости напластований проводящего пласта 18 будут пересекать ствол скважины 12 в направлении, отличном от перпендикулярного. Способы в соответствии с различными аспектами изобретения предназначены для получения геодезического направления проводящих слоев 17, 19, 21 или аналогичных электрически проводящих пластов, расположенных внутри электрически практически непроводящих пластов или вблизи от них. Для определения геодезического направления может быть определено относительное направление от оси ствола скважины, и может быть определено геодезическое направление оси ствола скважины. Два направления рассматриваются совместно для определения геодезической ориентации («падения») проводящих слоев.

[0023] Хотя ствол скважины 12 и показан на Фиг.1 как приблизительно вертикальный,

но, как известно в рассматриваемой области техники, стволы скважин обычно пробуриваются вдоль траекторий, которые включают невертикальные и даже горизонтальные участки. Угол пересечения проводящих слоев пласта 18, т.е. «падение пласта», индицируется углом  $\theta$ . Угол пересечения - это результат сочетания отклонения ствола скважины 12 от вертикали и геодезического положения («падения») проводящих слоев пласта 18.

[0024] Фиг.2 показывает пример трехосевой катушки, которая может использоваться для одного или большего числа передатчиков (Т на Фиг.1) или приемников (R1-R6 на Фиг.1). Спираль может включать две катушки «отклоняющего» типа, размещенные таким образом, чтобы приблизительно соответствовать форме корпуса прибора (10А на Фиг.1). Катушки отклоняющего типа могут занимать зоны на противоположных сторонах корпуса (10А на Фиг.1) таким образом, чтобы иметь дипольный момент, ориентированный практически перпендикулярно к оси прибора (10 на Фиг.1) и практически перпендикулярно друг другу. Две такие замкнутые зоны показаны соответственно в позициях X и Y на Фиг.2. Трехосевая катушка также может включать катушку соленоидного типа, показанную в позиции Z, которая имеет дипольный момент практически коаксиальный оси прибора. Расположение катушек, показанное на Фиг.2, обеспечивает магнитные диполи вдоль каждой из трех взаимно ортогональных осей, содержащих между собой общую среднюю точку.

[0025] В целях пояснения изобретения различные измерения, сделанные каждым из приемников (R1-R6 на Фиг.1), могут быть идентифицированы конкретной катушкой из числа катушек, питающихся от передатчика, и конкретной катушкой из числа катушек на каждом из приемников, для которой определяется соответствующее напряжение. Таким образом, для каждого приемника (R1-R6 на Фиг.1), имеется девять измерений составляющих: полученное напряжение для каждой из катушек приемника X, Y и Z, соответствующее возбуждению каждой из катушек передатчика X, Y и Z. В приведенном ниже пояснении каждое измерение составляющей будет идентифицировано парой букв, соответствующих конкретной катушке передатчика и конкретной катушке приемника. Таким образом, девять измерений составляющих идентифицируются со ссылкой на XX, XY, XZ, YX, YY, YZ, ZX, ZY, ZZ. Измерения составляющих, которые используют одни и те же направления дипольных моментов передатчика и приемника, т.е. XX, YY, ZZ, в типичном случае называются измерениями составляющих «с непосредственной связью». Измерения составляющих, которые используют дипольный момент передатчика, отличающийся от дипольного момента, используемого для приемника, например XY, XZ, YX, YZ, ZX, ZY, в типичном случае называются измерениями «поперечной составляющей» или «перекрестно связанными» измерениями.

[0026] Фиг.3 показывает пример пласта, содержащего два электрически проводящих слоя, 32 и 36, расположенных внутри электрически практически непроводящих пластов, 30, 34, 38. Пример на Фиг.3 включает угол падения проводящих пород, равный 75 градусам относительно горизонтали, и геодезическое направление (азимут) падения, равный нулю (геодезический север).

[0027] Моделирование отклика одного из приемников (например, приемника, расположенного на расстоянии 39 дюймов от передатчика) для каждой из девяти составляющих, описанных выше, показано на Фиг.4. Некоторые из измерений составляющих нечувствительны к проводящим пластам, в то время как другие составляющие показывают существенную чувствительность, что типично.

[0028] В одном примере реализации настоящего изобретения способ, описанный в опубликованной заявке на патент США №2010/0082255, поданной Давыдычевой,

упомянутой в разделе «Уровень техники» настоящей заявки, может использоваться с измерениями, выполненными прибором, показанным на Фиг.1, для определения падения электрически проводящих пластов, находящихся вблизи от электрически непроводящих пластов или среди них. В примере пластов, показанных на Фиг.3, результат, обработанный в соответствии с вышеупомянутым или аналогичным способом, может обеспечить результаты, как показано на Фиг.5, где смоделированное падение и азимут показаны на кривой 40, а падение при инверсионной обработке с использованием смоделированных измерений составляющих на Фиг.4 показано на кривой 42.

[0029] В способе в соответствии с изобретением и со ссылкой на Фиг.6 результаты по определению падения, полученные с использованием способа, приведенного в опубликованной заявке на патент США №2010/0082255, могут быть практически улучшены за счет следующей процедуры. В позиции 44 располагается электрически непроводящий или практически непроводящий пласт. Такое местоположение может иметь место во время движения прибора через ствол скважины, как показано на Фиг.1, или может быть определено при обработке зарегистрированных данных, полученных от прибора. Обработка может осуществляться на компьютере в регистрирующем устройстве (24 на Фиг.1) или на другом компьютере. Прибор может перемещаться в непроводящую или практически непроводящую породу в позиции 46, или же такое перемещение может быть учтено при обработке, как пояснялось выше. Кривые проводимости девяти составляющих для каждого приемника могут наблюдаться в позиции 48. Когда наблюдается, что кривые составляющих становятся практически постоянными при значении, приближающемся к нулю, перемещение прибора может быть остановлено, или же может быть остановлено дальнейшее исследование зарегистрированных сигналов в соответствующем осевом положении (на соответствующей глубине) в стволе скважины. Вследствие несовершенств при производстве прибора, даже при размещении в окружающей среде с абсолютно нулевой проводимостью, измерения составляющих от каждого приемника могут индцировать ненулевое значение проводимости. Такое ненулевое значение известно как «ошибка зонда». В настоящем примере ошибка зонда может быть определена в позиции 52 как ненулевое измерение от каждой из составляющих каждого приемника в окружающей среде, которая является средой с практически нулевой проводимостью. Значение ошибки зонда для каждой составляющей затем может быть вычтено из любой части или из всех зарегистрированных сигналов, полученных от каждой составляющей каждого приемника (или от подсистемы приемников). Скорректированные таким образом измерения могут рассматриваться как «измерения, скорректированные на ошибку зонда в стволе скважины». В частности, измерения, скорректированные на ошибку зонда в стволе скважины, могут использоваться со способом решения обратной задачи, описанным в опубликованной заявке на патент США №2010/0082255, или с подобным ему способом, для получения падения проводящего слоя (слоев), например, 17, 19, 21 на Фиг.1. Ожидается, что для прибора типа RT SCANNER, идентифицированного выше, непроводящий пласт толщиной приблизительно пятьдесят футов (13 метров) окажется достаточным для того, чтобы избежать влияния прилегающих проводящих пород на описанную выше методику коррекции ошибки зонда.

[0030] Вышеупомянутая методика имеет несколько возможных предпочтительных применений. Фиг.7 показывает ствол скважины 12, часть которого пробурена сквозь соляную структуру 70. При использовании способа в соответствии с изобретением может оказаться возможным определить падение проводящих слоев 17, 19, 21, пронизанных соляной структурой в геологическом прошлом, и обеспечить индикацию

направления, необходимого для изменения траектории ствола скважины 12, например, с использованием компоновки бурильной колонны для наклонного бурения 13, чтобы наиболее эффективно обеспечить выход ствола скважины 12 из соляной структуры 70.

5 [0031] Фиг.8 показывает пример двух возможных преимущественных применений способа в соответствии с изобретением. Некоторые пористые горные пласты, например, 72 на Фиг.8, могут иметь давление флюида в поровом пространстве, которое существенно меньше, чем гидростатическое давление бурового раствора в стволе скважины 12. Известно, что такие пласты могут иметь давление гидроразрыва пласта, которое существенно меньше, чем гидростатическое давление бурового раствора. Как  
10 показано на Фиг.8, такие пласты могут оказаться проницаемыми для бурового раствора в стволе скважины, что приводит к «поглощению бурового раствора». Геодезическое направление такого пласта от ствола скважины, как указывалось выше, может быть определено с использованием способа определения падения пласта. Такое определение падения может обеспечить обход поглощающего пласта 72 при бурении скважины из  
15 другого местоположения на поверхности или вдоль другой траектории («соседней скважины»).

[0032] Некоторые пласты могут быть гидравлически разорваны, например, за счет нагнетания флюида в пласт под давлением выше давления его разрыва. Один такой пласт показан на Фиг.8 в позиции 74. Другие пласты, например, карбонаты, могут  
20 оказаться естественно трещиноватыми или могут иметь вторичную пористость, вызванную, например, реминерализацией (например, заменой доломита на известняк в структуре скелета карбонатного пласта). При использовании способа определения падения пласта, рассмотренного выше, может оказаться возможным определить ориентацию разрыва или ориентацию вторичной пористости. Такое знание может  
25 обеспечить более эффективную разработку подземного резервуара, расположенного в подобных пластах.

[0033] Способы в соответствии с изобретением могут обеспечить более точное определение падения геологических пластов с использованием измерений, выполненных с применением многоосевых индукционных каротажных приборов.

30 [0034] Хотя изобретение и было описано относительно ограниченного числа вариантов его реализации, специалисты в рассматриваемой области техники, располагающие преимуществами настоящего раскрытия изобретения, согласятся с тем, что могут быть разработаны и другие варианты реализации изобретения, которые не выходят за пределы объема изобретения, как это раскрыто в настоящей заявке.  
35 Соответственно, объем изобретения может быть ограничен только прилагаемой формулой изобретения.

### Формула изобретения

1. Способ определения ориентации электрически проводящего подземного пласта  
40 вблизи от электрически практически непроводящего подземного пласта, включающий:  
измерение многоосевого индукционного отклика внутри практически непроводящего пласта по меньшей мере в одном пространстве между передатчиком и приемником, с использованием прибора, размещенного в стволе скважины, проходящей в подземных пластах, причем прибор включает в себя по меньшей мере один передатчик и по меньшей  
45 мере один приемник;  
определение разности между измерением, полученным в среде с относительно нулевой проводимостью, и измеренным откликом для каждого пространства между передатчиком и приемником, для определения скорректированного измеренного

отклика; и

использование скорректированного измеренного отклика для определения ориентации электрически проводящего пласта.

5 2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что ориентация определяется путем инвертирования скорректированных измерений составляющих.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что измерения составляющих содержат измерения, выполненные путем передачи электромагнитного сигнала вдоль каждого из трех взаимно ортогональных направлений и детектирования наведенного напряжения, вызванного электромагнитным сигналом вдоль каждого из трех взаимно ортогональных  
10 направлений для каждого переданного сигнала.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что практически непроводящий пласт содержит соль.

5. Способ по п. 4, отличающийся тем, что дополнительно содержит определение изменения в траектории ствола скважины с целью обеспечения непрерывного бурения  
15 для выхода из соли.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что практически непроводящий пласт содержит карбонат.

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что проводящий пласт содержит по меньшей мере одну трещину в карбонате.

20 8. Способ по п. 6, отличающийся тем, что проводящий пласт содержит по меньшей мере одну зону вторичной пористости в карбонате.

9. Способ по п. 8, отличающийся тем, что вторичная пористость сформирована за счет реминерализации карбоната.

10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что проводящий пласт содержит зону  
25 поглощения бурового раствора.

11. Способ определения ориентации электрически проводящего подземного пласта вблизи от электрически практически непроводящего подземного пласта из измеренного многоосевого индукционного отклика внутри практически непроводящего пласта по  
30 меньшей мере в одном пространстве между передатчиком и приемником, с использованием прибора, помещенного в ствол скважины, пробуренной в подземных пластах, причем способ содержит:

определение разности между измерением, полученным в среде с относительно нулевой проводимостью и измеренным откликом для каждого

35 пространства между передатчиком и приемником, для определения скорректированного измеренного отклика, полученного в практически непроводящем пласте;

использование определенных разностей для получения скорректированного измеренного отклика для каждого пространства между передатчиком и приемником, полученного по меньшей мере в одном электрически проводящем пласте; и

40 использование скорректированных измеренных откликов для определения ориентации электрически проводящего пласта.

12. Способ по п. 11, отличающийся тем, что ориентация определяется путем инвертирования скорректированных измерений составляющих.

13. Способ по п. 11, отличающийся тем, что измерения составляющих включают  
45 измерения, выполненные за счет передачи электромагнитного сигнала вдоль каждого из трех взаимно ортогональных направлений и определение наведенного напряжения, вызванного электромагнитным сигналом вдоль каждого из трех взаимно ортогональных направлений для каждого переданного сигнала.

14. Способ по п. 11, отличающийся тем, что практически непроводящий пласт содержит соль.

15. Способ по п. 14, отличающийся тем, что дополнительно содержит определение изменения в траектории ствола скважины, чтобы обеспечить непрерывное бурение  
5 ствола скважины для выхода из соли.

16. Способ по п. 11, отличающийся тем, что практически непроводящий пласт содержит карбонат.

17. Способ по п. 16, отличающийся тем, что проводящий пласт содержит по меньшей мере одну трещину в карбонате.

10 18. Способ по п. 16, отличающийся тем, что проводящий пласт содержит по меньшей мере одну зону вторичной пористости в карбонате.

19. Способ по п. 18, отличающийся тем, что вторичная пористость сформирована за счет реминерализации карбоната.

15 20. Способ по п. 11, отличающийся тем, что проводящий пласт содержит зону поглощения бурового раствора.

20

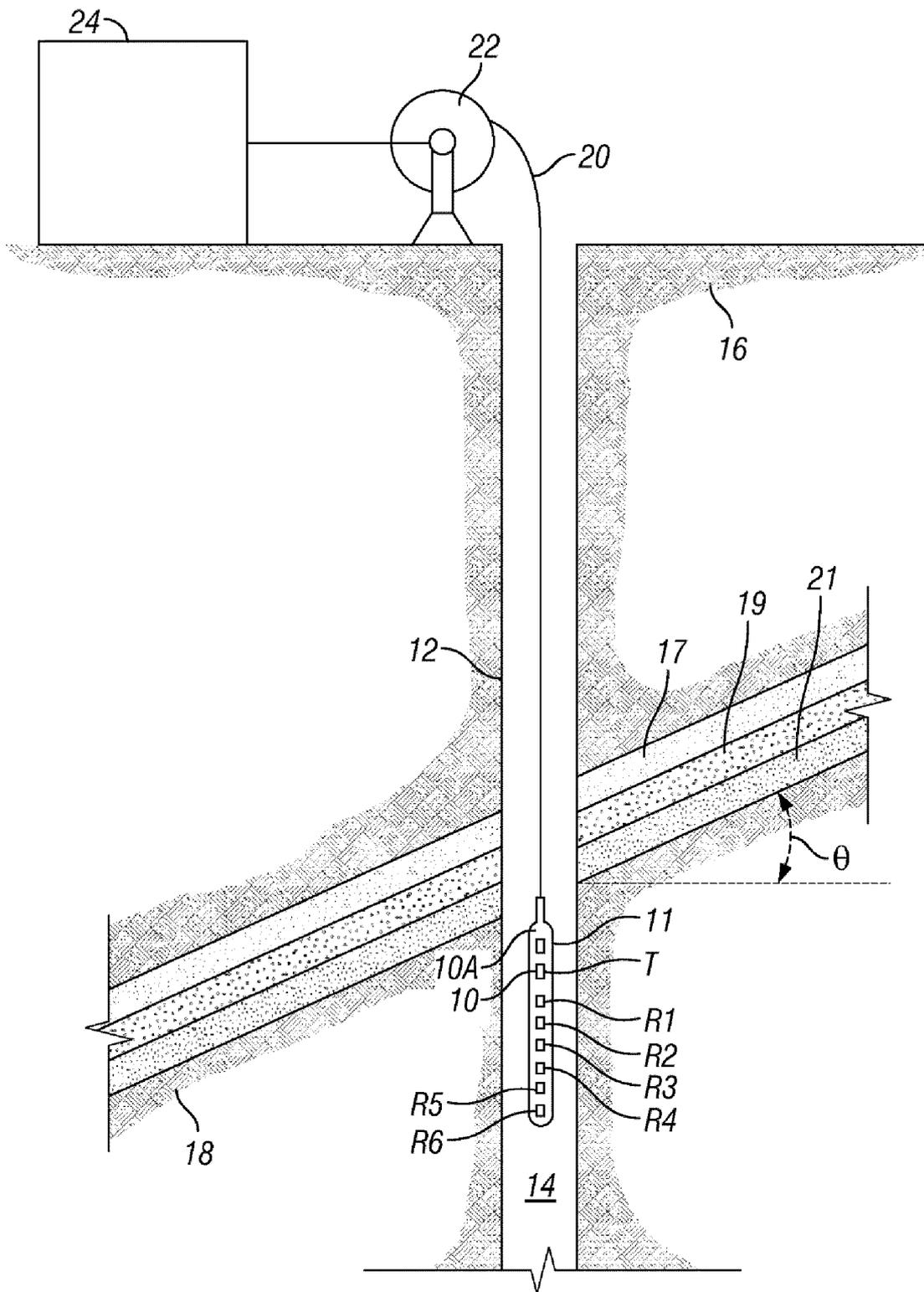
25

30

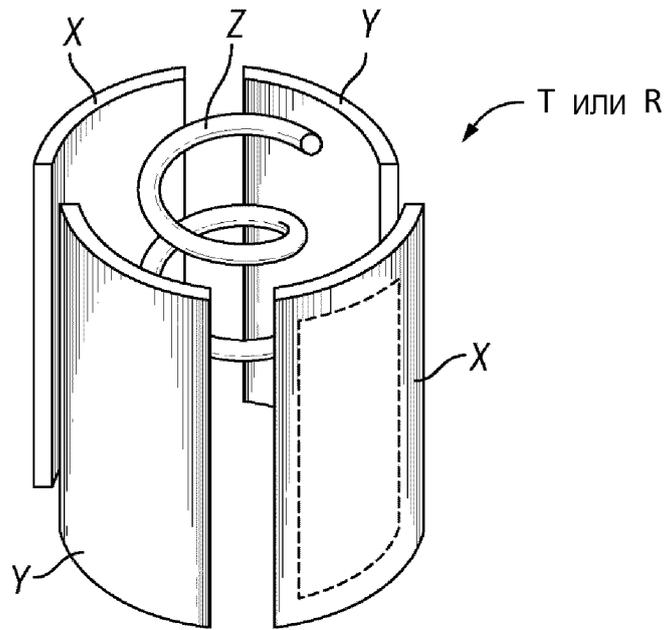
35

40

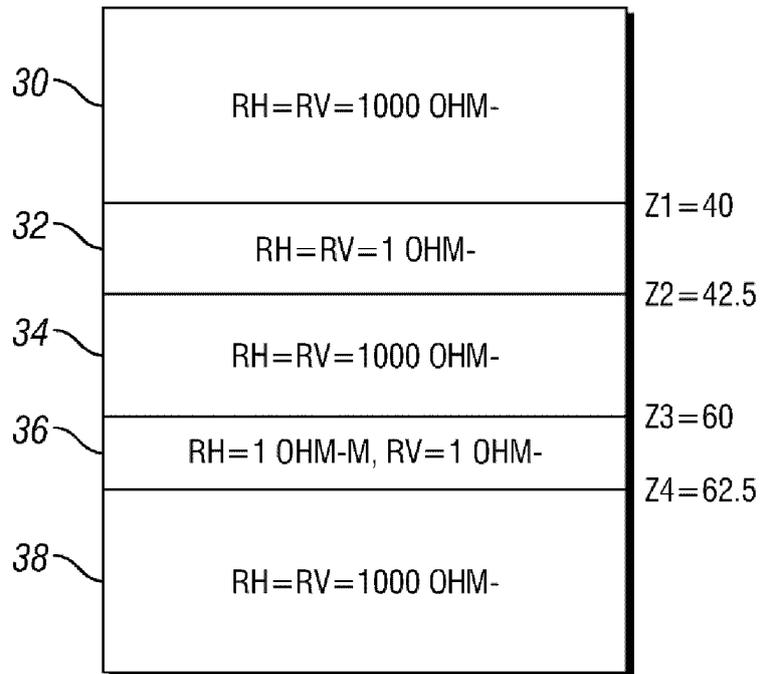
45



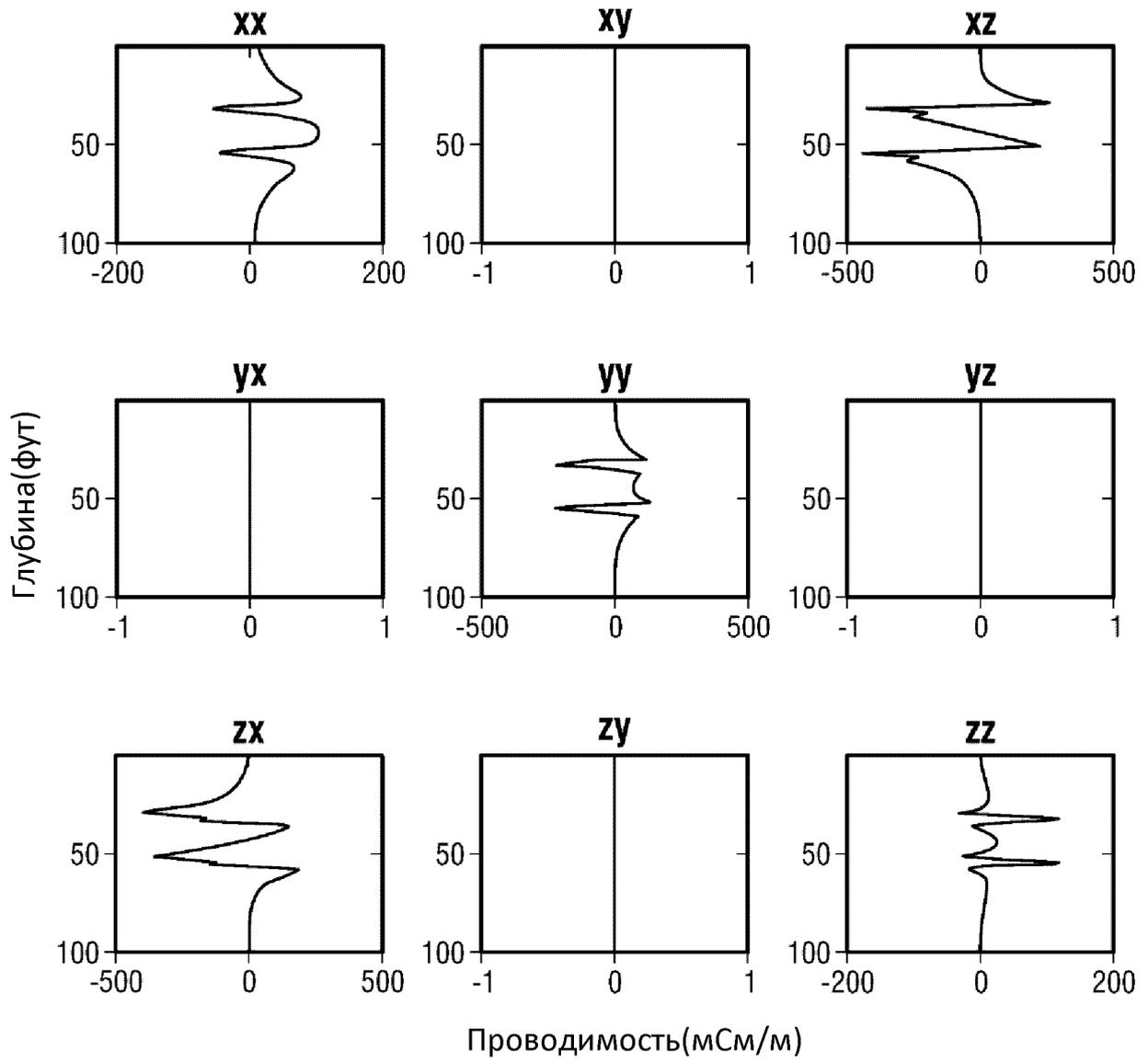
Фиг. 1



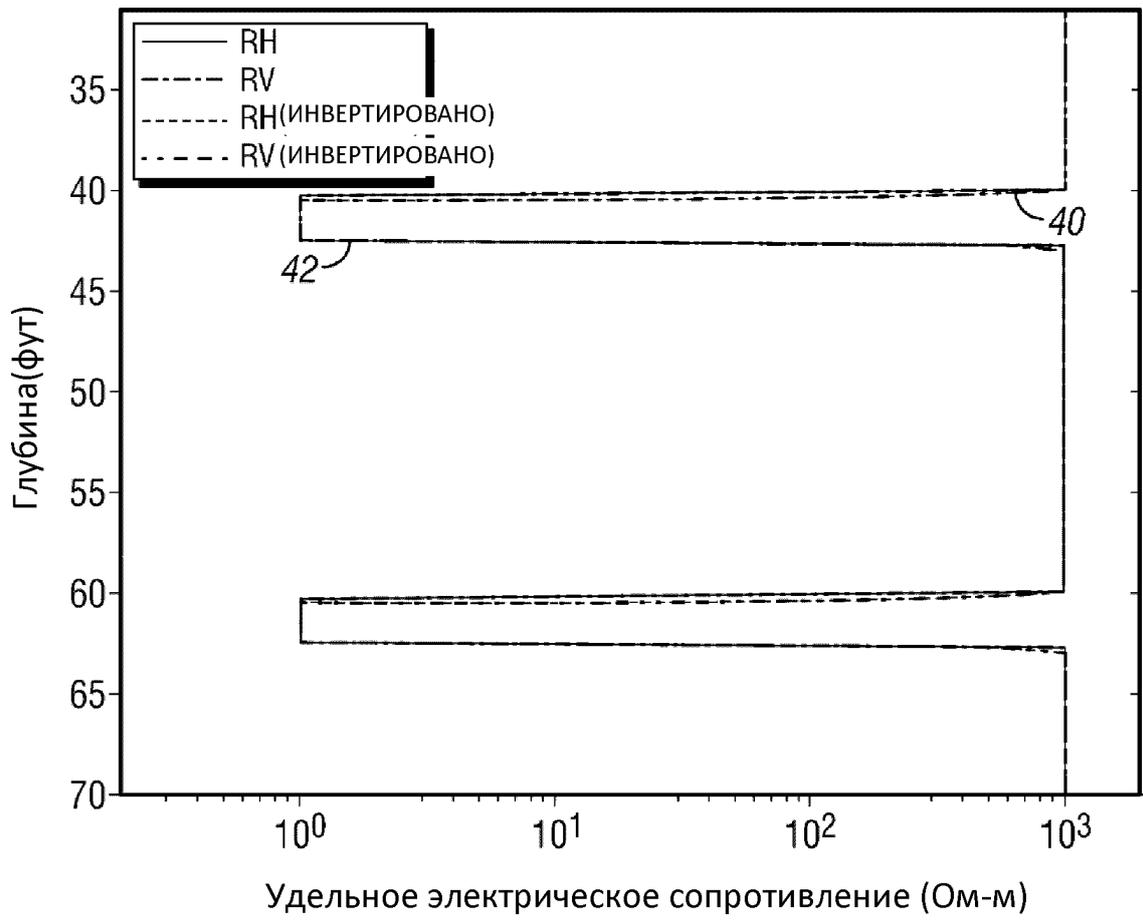
Фиг. 2



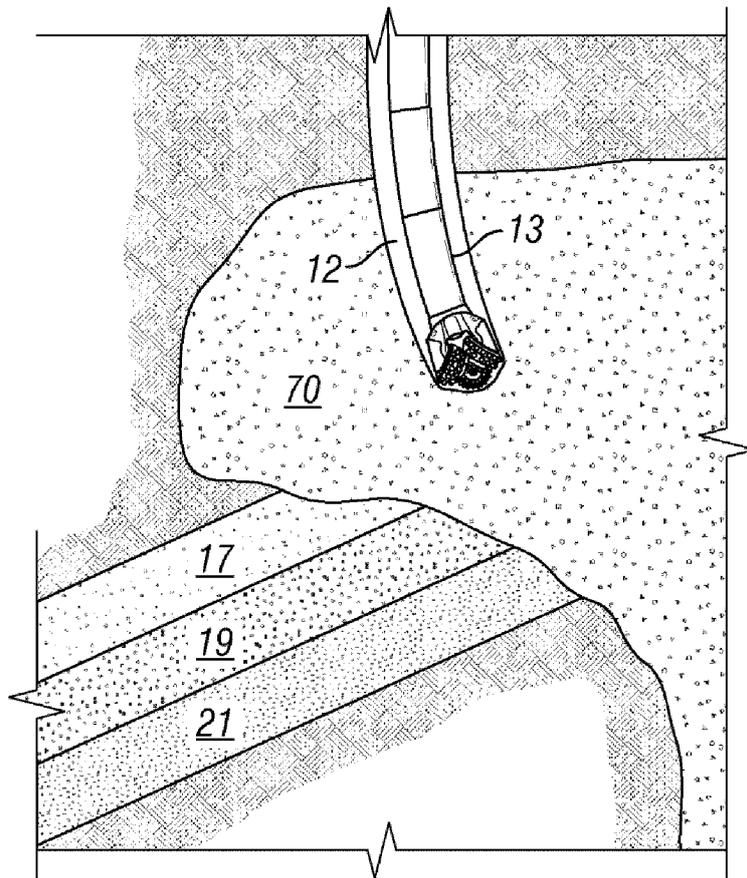
Фиг. 3



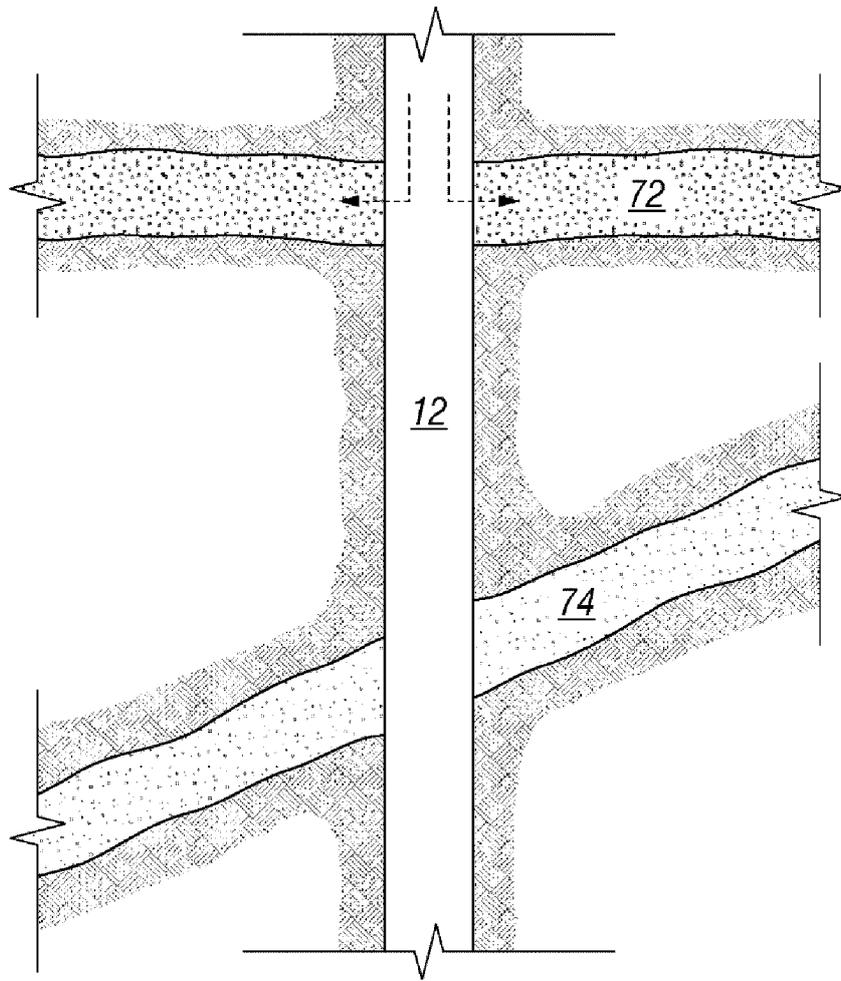
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 7



Фиг. 8