

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044740**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.09.27

(51) Int. Cl. **G01V 1/20 (2006.01)**
G01V 1/24 (2006.01)

(21) Номер заявки
202291128

(22) Дата подачи заявки
2020.10.16

(54) **СПОСОБ РАЗВЕРТЫВАНИЯ СОВОКУПНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ
С ЗАДАННЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ДИАПАЗОНОМ, СПОСОБ ОБРАБОТКИ
СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ, УСТРОЙСТВО И КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА**

(31) **1915110.9**

(56) **US-A1-2017248720**
EP-A1-0646809
US-A-4658383

(32) **2019.10.18**

(33) **GB**

(43) **2022.08.31**

(86) **PCT/GB2020/052617**

(87) **WO 2021/074645 2021.04.22**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БП ЭКСПЛОРЕЙШН ОПЕРЕЙТИНГ
КОМПАНИ ЛИМИТЕД (GB)**

(72) Изобретатель:
Ураба Амин (GB)

(74) Представитель:
**Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В.,
Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов
А.В., Кузнецова Е.В., Соколов Р.А.,
Кузнецова Т.В. (RU)**

(57) Предлагается способ регистрации сейсмической энергии в области съемки, обеспечивающий более точную интерпретацию сейсмических данных, в котором: выбирают совокупность М коэффициентов усиления для измерения сейсмической энергии в области съемки; размещают совокупность N сейсмических датчиков по области съемки; и регистрируют сейсмическую энергию в области съемки при каждом коэффициенте усиления из совокупности М коэффициентов усиления посредством по меньшей мере N/M сейсмических датчиков из совокупности N сейсмических датчиков.

B1

044740

044740
B1

Область техники

Изобретение относится, в частности, к способам развертывания совокупности сейсмических датчиков и способам обработки сейсмических данных. Изобретение также относится к соответствующему устройству, компьютерным программам или компьютерному программному продукту.

Уровень техники

Настоящий раздел предназначен для ознакомления читателя с различными сторонами уровня техники, которые могут касаться различных особенностей настоящего раскрытия, описываемых или заявляемых ниже. Предполагается, что настоящее рассмотрение предоставит читателю основные данные по вопросу, чем будет способствовать лучшему пониманию различных особенностей настоящего раскрытия. Соответственно, с этой точки зрения и стоит рассматривать приводимые данные, а не как достижения уровня техники.

Сейсмическая съемка включает генерирование изображения или карты подповерхностной зоны Земли посредством посылки акустической энергии от источника вниз в породу и регистрации возвращенной акустической энергии, отраженной от геологических слоев внутри подповерхностной зоны.

В процессе сейсмической съемки, источник энергии располагают в разных местах на поверхности или над поверхностью области Земли, которая может включать углеводородные залежи. При каждой активизации источника, источник генерирует сейсмическую энергию (например, акустическую волну), которая распространяется вниз через толщу Земли, отражается и при возвращении регистрируется одним или более сейсмическими датчиками, находящимися на подповерхностной зоне Земли или над ней. Затем эти сейсмические данные могут быть использованы для создания изображения или профиля соответствующей подповерхностной зоны.

Сущность изобретения

Ниже приводится краткое описание некоторых раскрытых здесь вариантов осуществления. Следует иметь в виду, что представленные особенности должны только в сжатой форме познакомить читателя с этими вариантами осуществления и не предполагают ограничения области притязаний настоящего раскрытия. Напротив, настоящее раскрытие может охватывать различные особенности, которые могут и не быть представлены ниже.

Сейсмические датчики могут быть выполнены с возможностью извлечения сейсмических данных, например, посредством измерения сейсмической энергии, генерируемой источником, после ее распространения в области съемки. Источник может быть приспособлен для его перемещения в различные места на поверхности или над поверхностью Земли в пределах области проведения съемки.

В случаях, когда сейсмический датчик находится вблизи источника, может быть превышен диапазон данных, которые могут быть измерены датчиком в пределах его динамического диапазона, и сигнал (соответствующий сейсмической энергии источника) невозможно будет зарегистрировать во всей его полноте. В этом случае, любые сейсмические данные, превышающие некоторый диапазон данных, отрезаются. Это явление называется "ограничением".

В других случаях, когда сейсмический датчик находится далеко от источника, сейсмические данные могут быть плохо отличимы от шума.

В обоих случаях, сейсмические данные могут быть расшифрованы неправильно.

Соответственно, настоящие варианты осуществления раскрытия могут обеспечить развертывание множества (совокупности) сейсмических датчиков и обработку сейсмических данных для их точной расшифровки.

Особенности и варианты осуществления изобретения представлены в приложенной формуле. Эти и другие особенности и варианты осуществления изобретения также описаны ниже.

Краткое описание фигур

Далее, в качестве примера, приводится описание вариантов осуществления настоящего раскрытия со ссылкой на приложенные чертежи, на которых:

на фиг. 1 схематически показана совокупность использованных в качестве примера сейсмических датчиков, размещенных в области съемки или над ней в процессе сейсмической съемки;

на фиг. 2 схематически показаны использованные в качестве примера система управления и совокупность сейсмических датчиков;

на фиг. 3 схематически показан пример сейсмического датчика;

на фиг. 4А и 4Б схематически показаны примеры размещения датчиков по области съемки;

на фиг. 5А и 5Б схематически показаны другие примеры размещения датчиков по области съемки;

на фиг. 6 показана блок-схема, схематически иллюстрирующая пример способа в соответствии с раскрытием;

на фиг. 7 показана блок-схема, схематически иллюстрирующая другой пример способа в соответствии с раскрытием;

на фиг. 8 показана блок-схема, схематически иллюстрирующая подробные шаги примера способа, показанного на фиг. 7;

на фиг. 9 показана блок-схема, схематически иллюстрирующая другие подробные шаги примера способа, показанного на фиг. 7;

на фиг. 10 иллюстрируется объединение сейсмических данных в соответствии с одним или более вариантами осуществления.

На фигурах аналогичные элементы имеют одинаковые цифровые ссылочные обозначения.

Подробное описание осуществления изобретения

На фиг. 1 схематически показана совокупность/группа использованных в качестве примера сейсмических датчиков 15, размещенных в области 16 съемки или над ней в процессе сейсмической съемки. Датчики 15 выполнены с возможностью регистрации отраженной сейсмической энергии, возвращающейся от геологических слоев внутри области 16 съемки.

Перед началом сейсмической съемки, датчики могут быть установлены в начальное состояние, например, откалиброваны. После завершения сейсмической съемки, сейсмические данные, зарегистрированные датчиками 15, могут быть собраны и использованы для создания изображения или разреза соответствующей подповерхностной зоны.

В некоторых вариантах осуществления, система 10 управления может обеспечивать установку в начальное состояние датчиков 15 и/или извлечение/сбор сейсмических данных, которые были зарегистрированы датчиками 15.

На фиг. 2 приведена схематическая иллюстрация частного варианта системы 10 управления и совокупности сейсмических датчиков 15.

Система 10 управления содержит стыковочный узел 14, к которому могут быть присоединены датчики 15 совокупности с возможностью их отсоединения, как это показано стрелками на фиг. 2.

Система 10 управления также включает процессор 11, память 12 и модуль 13 связи, приспособленный для обмена данными с модулем связи датчика 15, например, когда датчик 15 установлен в стыковочном узле 14 системы 10 управления. Процессор 11, память 12 и модуль 13 связи обеспечивают установку в начальное состояние (например, калибровку) датчиков 15 и/или сбор сейсмических данных, зарегистрированных датчиками 15, например, когда датчики установлены в стыковочном узле 14 системы 10 управления.

Как следует из фиг. 2, каждый датчик 15 может иметь по меньшей мере два коэффициента G усиления и один динамический диапазон D . В первом варианте настройки, датчик 15 может быть установлен в стыковочном узле 14 системы 10 управления, например, для установки в начальное состояние и/или транспортировки в область проведения съемки для измерения сейсмических данных.

Как показано на фиг. 3, датчик 15 включает модуль 151 связи, приспособленный для обмена данными с модулем 13 связи системы 10 управления.

Датчик 15 также включает процессор 152 и память 153. Датчик 15 включает измерительный модуль 154, приспособленный для регистрации сейсмической (например, акустической волны) энергии, распространяющейся в области съемки.

Измерительный модуль 154 может, в частности, применять один или более коэффициенты G_i усиления при взаимодействии с сейсмической энергией в процессе регистрации сейсмической энергии. Каждый коэффициент усиления модуля 154 представляет способность модуля повышать мощность или амплитуду сигнала, который должен приниматься аналого-цифровым преобразователем (АЦП), и который представляет сейсмическую энергию, зарегистрированную датчиком, приспособленным для регистрации сейсмических данных.

Каждый возможный коэффициент G_i усиления конкретного датчика 15, который необходимо применить к сейсмической энергии/сигналу, может быть выбран среди совокупности M различных возможных коэффициентов усиления (G_1, G_2, \dots, G_M).

В некоторых случаях, каждый сейсмический датчик 15 может быть приспособлен для измерения сейсмической энергии с по меньшей мере одним коэффициентом (G_1 или G_2) усиления, который был выбран из по меньшей мере двух коэффициентов усиления, и в одном динамическом диапазоне, например, меньшего усиления (например, применимо для случаев, когда сейсмический датчик расположен вблизи к источнику, для предотвращения ограничения сейсмических данных) и/или большего усиления (применимого в случаях, когда сейсмический датчик находится далеко от источника, для генерирования сейсмических данных, отличимых от шума). Некоторые сейсмические датчики 15 могут быть приспособлены для применения по меньшей мере одного коэффициента G_i усиления, который может быть выбран из по меньшей мере шести или более (т.е., $M \geq 6$) возможных коэффициентов усиления.

В вариантах осуществления раскрытия, некоторая группа датчиков 15 в совокупности N датчиков 15 может иметь только один конкретный коэффициент G_i усиления, отличающийся от коэффициента усиления датчиков по меньшей мере одной другой группы датчиков из совокупности N датчиков.

Поскольку динамический диапазон может быть аппаратно-зависимым, обычно более удобно, чтобы все датчики работали с одинаковым динамическим диапазоном D . В других вариантах осуществления могут использоваться датчики с разными динамическими диапазонами, но в комбинации сигналов должна учитываться эта новая переменная.

В альтернативном варианте, или дополнительно, каждый сейсмический датчик 15 приспособлен для измерения сейсмической энергии одновременно с использованием совокупности p коэффициентов

усиления, где $0 < p \leq M$, в одном динамическом диапазоне. В таком случае, сейсмические датчики могут быть приспособлены для измерения сейсмической энергии с использованием совокупности p коэффициентов усиления, выбранных из совокупности M коэффициентов G_i усиления, и, для каждого данного коэффициента G_i усиления из совокупности M коэффициентов усиления. Например, если коэффициент усиления может выбираться из пяти коэффициентов усиления (т.е., $M=5$), и датчик может иметь три коэффициента усиления (т.е., $p=3$), каждый датчик может выбирать из трех коэффициентов G_i , выбранных из пяти возможных коэффициентов G усиления. В некоторых примерах, не все датчики обладают одинаковыми комбинациями коэффициентов G_i усиления. В некоторых примерах, все датчики могут иметь одинаковые комбинации коэффициентов G_i усиления. В некоторых примерах, p может быть равно M , и каждый датчик имеет все возможные M коэффициенты G усиления (например, все N датчиков могут иметь как меньший коэффициент, так и больший коэффициент одновременно для $M=2$ и $p=2$).

В некоторых случаях, по меньшей мере N/M сейсмических датчиков могут быть приспособлены для измерения сейсмической энергии с по меньшей мере одним соответствующим коэффициентом G_i усиления так, что каждый возможный коэффициент G_i усиления в совокупности M возможных коэффициентов усиления используется в ходе сейсмической съемки. Например, при $N=100$ датчиках и $M=2$ коэффициентах усиления (т.е., возможны меньшее усиление и большее усиление), и при $p=1$ (каждый датчик может иметь только один коэффициент усиления в данный момент времени), по меньшей мере 50 датчиков имеют меньшее усиление и по меньшей мере 50 датчиков имеют большее усиление. При условии равномерного распределения коэффициентов усиления в совокупности датчиков, в одном или более вариантах осуществления изобретения обеспечивается более точная расшифровка сейсмических данных, генерируемых совокупностью датчиков.

Совокупность N датчиков может быть размещена по области съемки для сейсмической съемки. В ходе съемки, число N датчиков может иметь порядок нескольких тысяч или более. Как станет очевидно далее, когда совокупность N настроенных сейсмических датчиков размещена по области съемки в соответствии с раскрытием, и/или когда коэффициенты усиления датчиков выбраны в соответствии с настоящим раскрытием, сейсмические данные, выработанные совокупностью датчиков, могут быть расшифрованы с большей точностью.

Как было показано выше, набор M различающихся коэффициентов G_i усиления в размещенных N датчиках может обеспечить генерирование по меньшей мере некоторых сейсмических данных, в которых по меньшей мере некоторые из сейсмических данных не подвержены ограничению сейсмических данных, и где по меньшей мере некоторые из сейсмических данных выделяются из шума, вне зависимости от расположения источника энергии относительно совокупности N сейсмических датчиков в области съемки.

В некоторых примерах, совокупность M коэффициентов G_i усиления может быть определена так, чтобы сейсмическая энергия могла быть зарегистрирована совокупностью N сейсмических датчиков одновременно выделяющейся из шума и не подверженной ограничению.

В некоторых примерах, когда совокупность N датчиков размещена по области съемки, по меньшей мере N/M сейсмических датчиков может обладать коэффициентом G_i усиления, выбранным из совокупности M возможных коэффициентов G усиления, и это правило применимо для каждого коэффициента G_i усиления из совокупности M возможных коэффициентов усиления. Другими словами, по меньшей мере N/M датчиков могут иметь коэффициент G_1 усиления, по меньшей мере N/M датчиков могут иметь коэффициент G_2 усиления, и т.д., и по меньшей мере N/M датчиков могут иметь коэффициент G_M усиления. При равномерном распределении коэффициентов усиления в совокупности датчиков обеспечивается более высокая точность расшифровки сейсмических данных, генерируемых совокупностью датчиков.

Группу датчиков, имеющих одинаковый коэффициент G_i усиления, можно назвать "G-семейством" или "семейством". По меньшей мере одно семейство N/M сейсмических датчиков приспособлено для измерения сейсмической энергии с соответствующим коэффициентом G_i усиления. Могут быть сформированы M семейств s_1, \dots, s_M датчиков (например, два семейства для $M=2$ и $p=1$).

Как показано на фиг. 4А и 4Б, в некоторых примерах может быть развернута совокупность N сейсмических датчиков 15 так, что каждое семейство s_1, \dots, s_M датчиков 15 может быть размещено равномерно по области 16 съемки, например, размещение каждого семейства датчиков имеет в основном повторяющийся периодический характер по области 16 съемки. Равномерное распределение датчиков по области 16 съемки обеспечивает более точную расшифровку сейсмических данных, генерируемых совокупностью датчиков, благодаря равномерному распределению съемки.

В некоторых примерах, размещение может быть равномерным так, чтобы:

вся область 16 съемки или большая ее часть была покрыта N датчиками 15, размещенными на ней по схеме в основном периодической решетки; и/или

датчики были размещены в соответствии с в основном регулярной расстановкой вдоль строк и/или столбцов в основном периодической решетки, покрывающей область съемки.

Как показано на фиг. 4А, равномерное размещение по области 16 съемки может соответствовать в основном регулярной сетке, показанной пунктирными линиями, и датчик 15 s_i семейства s_i (где $1 \leq i \leq M$)

располагается на пересечении сетки, в регулярной расстановке с другими датчиками $15c_j$ (где $j \neq i$) других семейств c_j . Другими словами, на фиг. 4А датчик $15c_1$, датчик $15c_2$ и датчик $15c_m$ и т.д. размещены с расстановкой по линии.

Как показано на фиг. 4Б, равномерное размещение может выполняться по сетке со смещением.

Другими словами, на фиг. 4А и 4Б датчик $15c_i$ семейства c_i размещается по соседству с по меньшей мере одним датчиком $15c_j$ (где $j \neq i$) другого семейства c_j .

Также можно предложить и другие варианты размещения. В некоторых примерах, размещение может выполняться хаотично, хотя оно может занимать всю область съемки.

В частном случае, могут формироваться кластеры k_i ($1 \leq i \leq N/M$) сейсмических датчиков 15 и равномерно размещаться по области 16 съемки. Каждый кластер k_i может содержать по меньшей мере один сейсмический датчик $15c_i$ каждого семейства c_i (где $1 \leq i \leq M$) сейсмических датчиков, описанных выше.

Может существовать N/M кластеров k и, например,

при $M=2$ и $p=1$, каждый кластер k содержит два датчика, а количество кластеров равно $N/2$, и

при $M=3$ и $p=1$, каждый кластер k содержит 3 датчика, а количество кластеров равно $N/3$.

Как показано на фиг. 5А и 5Б, в виде альтернативы или дополнительно, в некоторых случаях может быть развернута совокупность N датчиков 15 с настроенным коэффициентом усиления так, что каждый кластер $k_1, \dots, k_{N/M}$ датчиков 15 может быть размещен равномерно по области 16 съемки, например, размещение каждого кластера датчиков соответствует в основном повторяющейся периодической схеме по области 16 съемки. Как уже было показано, при равномерном распределении кластеров по области 16 съемки обеспечивается более точная расшивка сейсмических данных, генерируемых совокупностью датчиков, благодаря равномерному распределению съемки.

В некоторых случаях, равномерность размещения может быть такой, что вся область 16 съемки или большая ее часть покрыта размещенными кластерами k датчиков 15, в основном образующими сетку.

Как показано на фиг. 5А, равномерным размещением может быть размещение по регулярной сетке, когда кластеры k находятся на каждом пересечении сетки. На фиг. 5Б показано равномерное размещение, в котором размещение сделано по сетке со смещением.

Можно представить и другие схемы размещения. В некоторых случаях, размещение кластеров может быть хаотичным по всей области 16 съемки.

Как было показано выше, каждый кластер k может быть реализован как единичный датчик, выполненный с возможностью регистрации сейсмической энергии одновременно с совокупностью коэффициентов усиления так, что $p > 1$.

На фиг. 6 представлена блок-схема, иллюстрирующая способ 100 в соответствии с раскрытием. Способ 100 согласно раскрытию может обеспечивать развертывание совокупности N сейсмических датчиков. Далее будет понятно, что при осуществлении способа 100 может выполняться настройка совокупности N сейсмических датчиков выбором для каждого датчика по меньшей мере одного коэффициента усиления из совокупности M коэффициентов усиления.

При осуществлении показанного на фиг. 6 способа 100 в основном:

получают, на шаге S1, совокупность M коэффициентов усиления, из которых может быть выбран по меньшей мере один коэффициент усиления каждого датчика; и

настраивают, на шаге S2, совокупность M сейсмических датчиков так, что для каждого данного коэффициента усиления из полученной совокупности M коэффициентов усиления, по меньшей мере N/M сейсмических датчиков приспособлены для измерения сейсмической энергии с по меньшей мере одним соответствующим коэффициентом G усиления.

Выше уже были описаны примеры совокупности M коэффициентов усиления. В некоторых случаях, получение на шаге S1 совокупности M коэффициентов усиления включает определение совокупности M коэффициентов усиления так, чтобы сейсмическая энергия могла быть зарегистрирована совокупностью N сейсмических датчиков, причем зарегистрированная сейсмическая энергия может, как выделяться на фоне шумов, так и не подвергаться ограничению, вне зависимости от положения источника в области съемки. В некоторых примерах, каждый сейсмический датчик может быть приспособлен для измерения сейсмической энергии с по меньшей мере одним коэффициентом усиления G_1 или G_2 , выбранным из по меньшей мере двух коэффициентов усиления, например, меньшего коэффициента усиления (например, применимого для случаев, когда сейсмический датчик находится вблизи источника, для ослабления ограничения сейсмических данных) и/или большего коэффициента усиления (применимо в случаях, когда сейсмический датчик находится далеко от источника, для генерирования сейсмических данных, выделяющихся из шумов).

Настройка совокупности сейсмических датчиков на шаге S2 может выполняться в системе управления, рассмотренной ранее со ссылкой на фиг. 2.

Способ 100 на фиг. 6 также может включать, на шаге S3, размещение в области съемки совокупности N сейсмических датчиков с выбранным коэффициентом усиления.

Ранее, например, со ссылками на фиг. 4А, 4Б, 5А и 5Б, были рассмотрены не имеющие ограничительного характера примеры развертывания датчиков в области съемки.

В некоторых примерах может быть применен способ 100, по меньшей мере отчасти, с использованием уже описанных системы и/или датчика.

На фиг. 7 представлена блок-схема, схематически иллюстрирующая другой частный вариант осуществления способа 200, в соответствии с раскрытием.

На фиг. 7 приведена схематическая иллюстрация способа 200 обработки сейсмических данных. В способе 200, сейсмические данные, получаемые совокупностью N сейсмических датчиков, могут быть подвергнуты обработке объединением сейсмических данных, полученных совокупностью N сейсмических датчиков. Как уже указывалось, каждый сейсмический датчик может быть настроен для измерения сейсмической энергии с по меньшей мере одним коэффициентом G_i усиления, выбранным из совокупности M коэффициентов усиления. В некоторых случаях, по меньшей мере N/M сейсмических датчиков приспособлены для измерения сейсмической энергии с по меньшей мере одним соответствующим коэффициентом G_i усиления, при этом N датчиков совокупности вместе имеют все величины коэффициентов усиления из совокупности M коэффициентов усиления.

Способ 200, представленный на фиг. 7, преимущественно включает получение на шаге S10 сейсмических данных каждым сейсмическим датчиком из совокупности N сейсмических датчиков, развернутых в пределах области съемки.

Способ на фиг. 7 может также включать объединение, на шаге S20, сейсмических данных, полученных от совокупности N сейсмических датчиков.

В некоторых примерах осуществления, объединение сейсмических данных на шаге S20 может включать получение объединенных данных S_c так, чтобы новый сигнал S_c мог обладать более широким динамическим диапазоном D' для его полной регистрации. Например, датчики могли бы иметь динамический диапазон 24 бита, в то время как конечный широкий динамический диапазон (HDR от англ. high dynamic range) мог бы составлять 32 бита или 64 бита. Для такого проецирования сигнала на новый динамический диапазон, называемого в фотографии "Mapping", может потребоваться учет относительных амплитуд сигналов, зарегистрированных с различными коэффициентами G_i усиления. На фиг. 10 представлено объединение сейсмических данных, где первые сейсмические данные имеют динамический диапазон D датчика 1, вторые сейсмические данные имеют динамический диапазон D датчика 2, а третьи сейсмические данные имеют динамический диапазон D датчика 3. В частности, датчики 1-3 могут образовывать приведенный в качестве примера кластер, в котором коэффициент G_1 усиления датчика 1 позволяет датчику 1 воспринимать энергию сейсмических волн с высокими амплитудами, коэффициент G_2 усиления датчика 2 позволяет датчику 2 воспринимать энергию сейсмических волн среднего уровня амплитуд, и коэффициент G_3 усиления датчика 3 позволяет датчику 3 воспринимать сейсмическую энергию малого уровня. Объединенный динамический диапазон этих датчиков может быть отображен на новой сейсмограмме с более широким динамическим диапазоном, показанной на фиг. 10. Ширина более широкого динамического диапазона достаточна для охвата трех индивидуальных динамических диапазонов. Вообще, отношение перекрывающихся амплитуд между областями с разными коэффициентами усиления (например, перекрывающихся амплитуд между Датчиком 1 и Датчиком 2) должно быть предсказуемым. Другими словами, отношение перекрывающихся амплитуд равно отношению коэффициентов усиления. Если это не так, т.е., отношение перекрывающихся амплитуд не равно отношению коэффициентов усиления, требуется проведение калибровки.

Что касается динамического диапазона D в приведенном в качестве примера датчике 1, сейсмическая энергия, выходящая за пределы этого динамического диапазона D , скорее всего, уйдет в ограничение. Если в системе датчиков не решается проблема ограничения сейсмической энергии, то система выдает ошибочные результаты. Для учета сейсмической энергии, выходящей за пределы диапазона датчика 1, система должна воспользоваться другим датчиком (например, датчиком 2) для приема сейсмической энергии, выходящей за пределы диапазона датчика 1. Кроме того, для надлежащего учета ограничения, присущего датчику 1, некоторые амплитуды, находящиеся вблизи ограничения сейсмической энергии, также считаются амплитудами, не подлежащими отображению, как это показано на фиг. 10. Таким образом, каждый датчик будет иметь соответствующий интервал отображаемых амплитуд, являющийся частью полного динамического диапазона D . В одном или более вариантах осуществления эти соответствующие диапазоны отображаемых амплитуд далее могут быть объединены. В примере на фиг. 10, отображаемые амплитуды датчика 1, датчика 2, датчика 3 объединены вместе. Как показано на фиг. 10, диапазон отображаемых амплитуд одного датчика может перекрываться с диапазоном отображаемых амплитуд другого датчика. Например, как показано на фиг. 10, динамический диапазон D датчика 1 перекрывается с динамическим диапазоном D датчика 2, а динамический диапазон датчика 2 перекрывается с динамическим диапазоном D датчика 3. Перекрывающиеся амплитуды между разными коэффициентами усиления могут быть использованы для калибровки амплитуд датчиков.

Объединенные сейсмические данные могут быть расшифрованы с большей точностью, чем объединенные сейсмические данные, генерированные с использованием всех возможных коэффициентов усиления G_i совокупности M коэффициентов G усиления.

Как показано на фиг. 8, в качестве альтернативы или дополнительно, объединение на шаге S20 может дополнительно включать:

определение, на шаге S201, по меньшей мере одной зоны высокой интенсивности и/или по меньшей мере одной зоны малой интенсивности в объединенных сейсмических данных; и

корректирование, на шаге S202, объединенных сейсмических данных в определенной зоне высокой интенсивности и/или зоне малой интенсивности применением по меньшей мере одного соответствующего поправочного коэффициента.

В одном или более вариантах осуществления настоящего изобретения выполняется корректирование ограниченных данных, когда только части HDR сигнала (S_c) используются в некоторой области, где на исходном сигнале было обнаружено ограничение посредством одного или более алгоритмов выделения контуров. Алгоритмом выделения контуров обычно называют математический метод идентификации точек в данных, испытывающих по меньшей мере один разрыв непрерывности.

Как показано на фиг. 9, в качестве альтернативы или дополнительно, объединение на шаге S20 может также включать интерполирование, на шаге S203, полученных сейсмических данных для получения, для каждого сейсмического датчика, по меньшей мере одних сейсмических данных для каждого коэффициента усиления совокупности M коэффициентов усиления. В некоторых случаях, интерполирование включает выполнение по меньшей мере одного из следующего:

взвешенного интерполирования; и/или

использования алгоритма выделения контуров.

Интерполированные объединенные сейсмические данные могут расшифровываться с большей точностью по сравнению с интерполированными объединенными сейсмическими данными, как генерированные с использованием всех M коэффициентов усиления из совокупности коэффициентов усиления, даже в местах, где датчики не приспособлены для измерения сейсмических данных с использованием всех возможных M коэффициентов усиления.

В качестве альтернативы или дополнительно, способ 200 может также включать по меньшей мере одно из следующего:

развертывание совокупности N сейсмических датчиков 15 в пределах области 16 съемки; и/или

генерирование сейсмической энергии в пределах области съемки; и/или

измерение сейсмической энергии развернутыми сейсмическими датчиками 15 совокупности N в пределах области 16 съемки.

В некоторых случаях, в способе 200 сейсмические датчики могут быть развернуты в соответствии с ранее описанным способом 100.

В некоторых случаях, может быть осуществлен способ 200, по меньшей мере частично, системой и/или ранее описанным датчиком.

Модификации и варианты.

В некоторых случаях, в качестве альтернативы или дополнительно, модуль 151 связи на фиг. 3 может быть выполнен с возможностью обмена данными с модулем 13 связи по беспроводному каналу.

В некоторых случаях, данные сообщения между модулем 13 связи и модулем 151 связи на фиг. 3 могут включать по меньшей мере одно из следующего:

данные настройки из системы 10 к датчику 15, например, для настройки по меньшей мере одного коэффициента усиления датчика 15; и/или

сейсмические данные от датчика 15 к системе 10, например, в ходе и/или после сейсмической съемки.

Можно представить себе и другие данные.

Сейсмическая энергия может генерироваться источником (например, передвижной сейсмической станцией и/или взрывными зарядами), приспособленным для перемещения в пределах области съемки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ регистрации сейсмической энергии в области съемки, при осуществлении которого: выбирают совокупность M коэффициентов усиления для измерения сейсмической энергии в области съемки;

размещают совокупность N сейсмических датчиков по области съемки; и

регистрируют сейсмическую энергию в области съемки при каждом коэффициенте усиления из совокупности M коэффициентов усиления посредством по меньшей мере N/M сейсмических датчиков из совокупности N сейсмических датчиков.

2. Способ по п. 1, в котором

определяют множество семейств, каждое из которых соответствует соответствующему коэффициенту усиления из совокупности M коэффициентов усиления;

выбирают по меньшей мере N/M сейсмических датчиков из совокупности N сейсмических датчиков для каждого семейства;

настраивают по меньшей мере N/M сейсмических датчиков каждого семейства для измерения сейсмической энергии с соответствующим коэффициентом усиления.

3. Способ по п. 2, в котором при размещении совокупности N сейсмических датчиков равномерно распределяют множество семейств сейсмических датчиков по области съемки.

4. Способ по п.2, в котором при размещении совокупности N сейсмических датчиков равномерно распределяют совокупность N сейсмических датчиков так, чтобы по меньшей мере N/M сейсмических датчиков каждого семейства были распределены равномерно по области съемки.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором каждый сейсмический датчик из совокупности N сейсмических датчиков приспособлен для измерения сейсмической энергии с использованием совокупности p коэффициентов усиления одновременно, причем $0 < p \leq M$, и совокупности p коэффициентов усиления выбраны из совокупности M коэффициентов усиления.

6. Способ по п.5, в котором $p=M$.

7. Способ по п.1, в котором при выборе совокупности M коэффициентов усиления выбирают совокупность M коэффициентов усиления так, чтобы объединенная зарегистрированная сейсмическая энергия для M коэффициентов усиления с использованием совокупности N сейсмических датчиков была отличима от шума и одновременно не подвержена ограничению.

8. Способ по любому из пп.1-7, в котором сейсмическая энергия генерируется источником, приспособленным для перемещения в пределах области съемки.

9. Способ по п.1, в котором каждый сейсмический датчик приспособлен для измерения сейсмической энергии с по меньшей мере одним коэффициентом усиления и в одном динамическом диапазоне, выбранных из по меньшей мере двух коэффициентов усиления, причем все датчики настроены для работы в одном и том же динамическом диапазоне D .

10. Способ по п.1, в котором:

получают сейсмические данные от совокупности N сейсмических датчиков; и

объединяют сейсмические данные для формирования объединенных сейсмических данных S_c .

11. Способ по п.10, в котором совокупность N сейсмических датчиков имеет динамический диапазон D , и объединенные сейсмические данные S_c имеют более широкий динамический диапазон, чем динамический диапазон D .

12. Способ по п.10 или п.11, в котором дополнительно:

определяют по меньшей мере одну зону высокой интенсивности и/или по меньшей мере одну зону малой интенсивности в объединенных сейсмических данных S_c ; и

корректируют объединенные сейсмические данные S_c в определенной зоне высокой интенсивности и/или зоне малой интенсивности, применяя по меньшей мере один соответствующий поправочный коэффициент усиления.

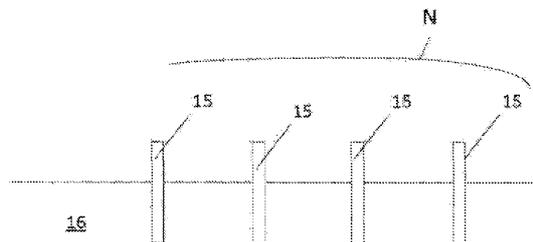
13. Способ по п.12, в котором дополнительно интерполируют полученные сейсмические данные для получения, для каждого сейсмического датчика, по меньшей мере одних сейсмических данных для каждого коэффициента усиления из совокупности M коэффициентов усиления.

14. Способ по п.13, в котором при интерполировании выполняют по меньшей мере одно из следующего:

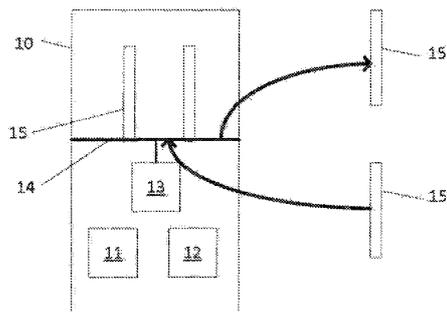
взвешенное интерполирование; и/или

использование алгоритма выделения контуров.

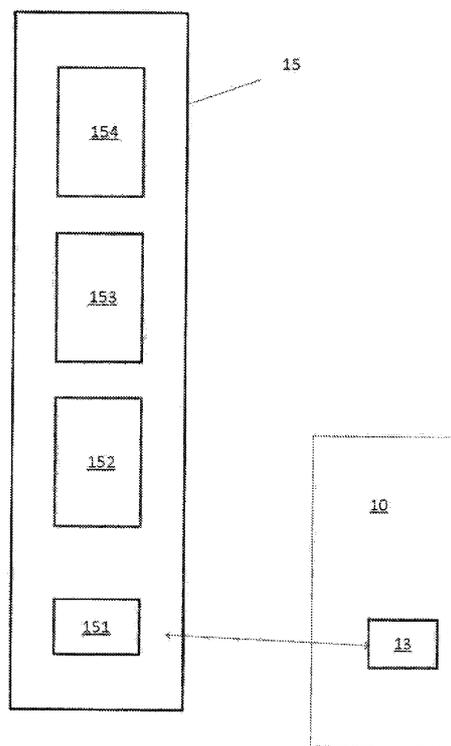
15. Устройство для регистрации сейсмической энергии, включающее процессор и память, содержащую команды, которые, при исполнении их процессором, позволяют процессору осуществлять способ по любому из пп.1-14.



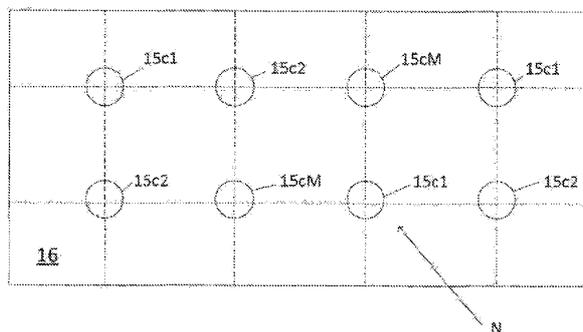
Фиг. 1



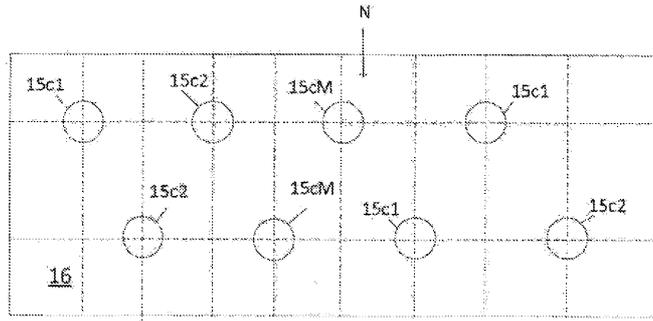
Фиг. 2



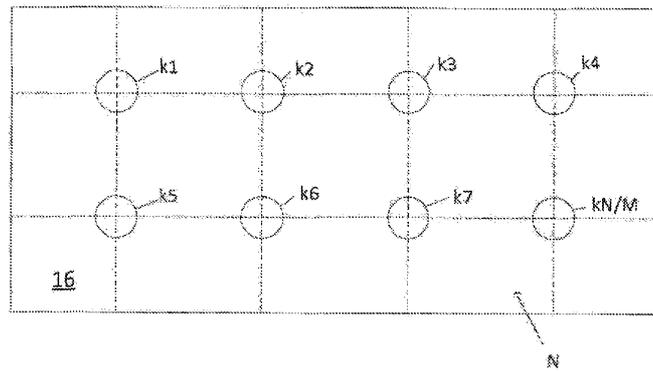
Фиг. 3



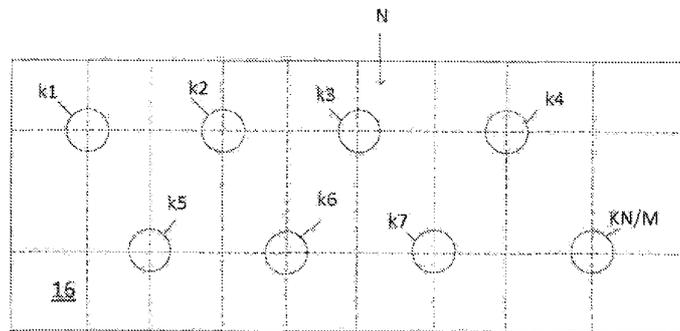
Фиг. 4А



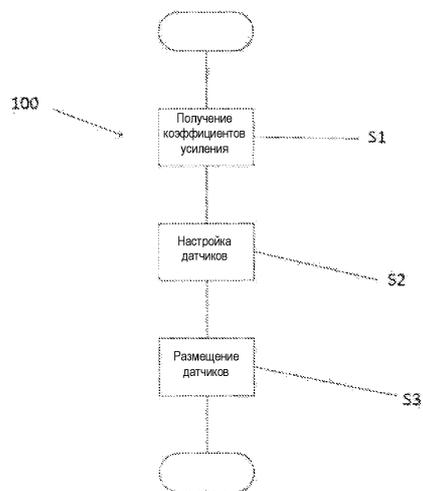
Фиг. 4Б



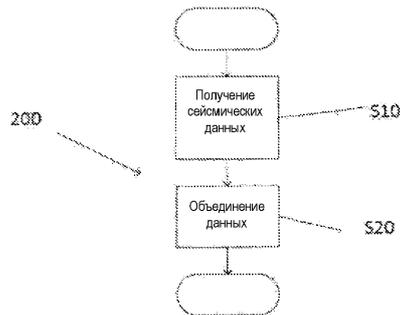
Фиг. 5А



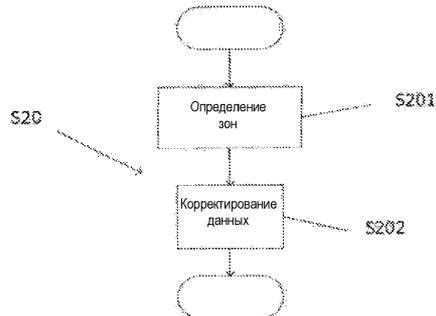
Фиг. 5Б



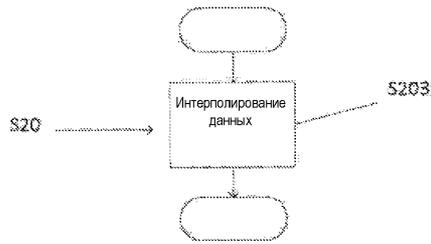
Фиг. 6



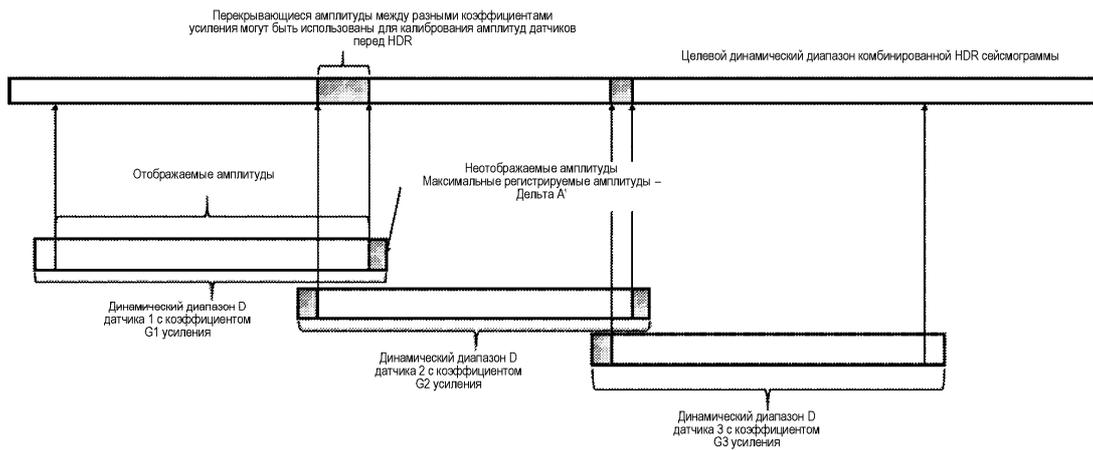
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10

