

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **033897**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2019.12.06**

(51) Int. Cl. **G01V 1/36 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**201890808**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.10.06**

---

(54) **ИНТЕРАКТИВНОЕ ВЗВЕШИВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПО ОСВЕЩЕННОСТИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ**

---

(31) **62/242,135**

(32) **2015.10.15**

(33) **US**

(43) **2018.08.31**

(86) **PCT/US2016/055703**

(87) **WO 2017/066072 2017.04.20**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**БИПИ КОРПОРЕЙШН НОРД  
АМЕРИКА ИНК. (US)**

(56) **US-A1-2015124559**

Mariana Gherasim ET AL.: "Offshore/Wave-equation angle-based illumination weighting for optimized subsalt images", 1 April 2014 (2014-04-01), XP055331914, Retrieved from the Internet: URL:<http://library.seg.org/doi/pdf/10.1190/tle33040392.1> [retrieved on 2017-01-03]abstract pages 392,393, page 395

**WO-A2-2013134524**

(72) Изобретатель:  
**Джилек Петр, Линь Джим, Янг  
Тонгнинг (US)**

(74) Представитель:  
**Гизатуллина Е.М., Карпенко О.Ю.,  
Строкова О.В., Угрюмов В.М. (RU)**

---

(57) В изобретении представлен способ для применения при построении сейсмических изображений подземных геологических толщ горных пород, предусматривающий вывод на экран подборки сейсмических изображений, причем сейсмические изображения созданы из набора сейсмических данных, характеризующих геологическую толщу горных пород; интерактивный выбор полосы освещенности на основании степени разделения сигнала и помехи в сейсмических изображениях; разложение каждого из сейсмических изображений в подборке на компоненты изображения, причем каждую компоненту изображения в сейсмическом изображении определяет выбранная полоса освещенности; интерактивный выбор по меньшей мере части одной или нескольких компонент изображения на основании преобладания сигнала; интерактивное взвешивание выбранных частей, связанных с преобладанием сигнала; суммирование выбранных интерактивно взвешенных частей и вывод на экран изображения суммарных взвешенных частей.

---

**033897 B1**

**033897 B1**

### **Ссылка на родственные заявки**

Согласно настоящей заявке испрашивается приоритет в соответствии с предварительной заявкой на выдачу патента США № 62/242,135, поданной 15 октября 2015 года, с названием "Интерактивное взвешивание изображения по освещенности при построении сейсмического изображения", содержание которой полностью включено в настоящую заявку посредством ссылки.

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

Настоящее изобретение относится к построению сейсмического изображения и, в частности, к техническому решению для обработки сейсмических изображений до суммирования с целью получения более высокого качества суммированных изображений.

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

Затраты на бурение нефтегазовых скважин стали очень высокими, поскольку усилия начали фокусировать на залежах, которые сложнее обнаружить и ввести в разработку. Поэтому значительная часть усилий направлена на обнаружение вероятных местоположений таких нефтегазовых залежей. В данной области техники этот процесс обычно называют сейсмическими или геофизическими исследованиями. Сейсмические исследования являются и всегда были высокотехнологической областью техники. Причина этого заключается в том, что невозможно напрямую изучать геологическую среду в нужном масштабе, чтобы сделать такое исследование полезным, и поэтому в данной области техники применяют различные способы непрямого изучения геологической среды. Технологический аспект этой области техники проявляется как в способе, которым собирают сейсмические данные, так и в особенности их обработки для получения полезной информации о наличии и местоположении углеводородов.

Сейсмические исследования обычно предусматривают передачу сейсмических сигналов в землю, где они распространяются через толщи горных пород в геологической среде. Каждый сейсмический сигнал - это фактически волновой фронт энергии, которая проходит через слои в толще горных пород. По мере прохождения волнового фронта через толщу горных пород различные особенности толщи горных пород оказывают характерное влияние на траекторию распространения волнового фронта. По меньшей мере часть энергии волнового фронта в итоге возвращается на поверхность, где ее регистрируют как первичные данные. Первичные данные обычно называют "сейсмическими данными" и в силу характерного способа, которым особенности толщи горных пород влияют на энергию волны, они характеризуют толщи горных пород в геологической среде.

Специалистам в данной области техники будет понятно, что у только что описанного сценария возможны варианты. Например, при морских съемках сейсмические сигналы обычно не передают непосредственно в землю. Сейсмические источники обычно буксируют на поверхности воды так, что прежде, чем войти в землю, они сначала проходят через толщу воды до поверхности земли. Иногда перед тем, как волна будет принята и зарегистрирована, возвращающаяся волна должна пройти через толщу воды. Тем не менее, во всех этих вариантах прослеживается единый подход: сейсмические сигналы передают в землю, они проходят через толщи горных пород в геологической среде, возвращаются на поверхность земли, где их регистрируют.

Все это происходит потому, что с практической точки зрения толщи горных пород в геологической среде невозможно напрямую изучать в нужном масштабе. Для того чтобы интерпретаторы могли опосредованно "наблюдать" толщи горных пород в геологической среде, по сейсмическим данным "строят изображения" или обрабатывают их для получения изображений толщ горных пород в геологической среде. Специалистам в данной области техники будет понятно, что в зависимости от конечного назначения изображения и того, что интересует интерпретаторов, существует множество способов обработки и множество способов получения изображения первичных сейсмических данных.

Одним из факторов, от которых зависит точность интерпретации, является качество изображения. Этот фактор имеет еще более важное значение, когда изображаемые толщи горных пород особенно сложные или по другим причинам плохо освещены энергией сейсмического сигнала. Одним из факторов, который делает современные сейсмические исследования такими сложными, является то, что многие изучаемые толщи горных пород не только находятся в местах, труднодоступных для проведения съемки, но и содержат сложные толщи горных пород, которые трудно освещать в силу значительной неоднородности геологической среды, окружающей эти толщи горных пород.

### **Краткое описание фигур**

Прилагаемые фигуры, которые включены в настоящий документ и составляют его часть, иллюстрируют варианты осуществления настоящего изобретения и вместе с описанием служат для пояснения принципов настоящего изобретения. На фигурах изображено следующее:

на фиг. 1 представлена блок-схема конкретного варианта осуществления технического решения для способа, раскрываемого в настоящем документе;

на фиг. 2 представлено графическое изображение последовательности действий для блок-схемы с фиг. 1;

на фиг. 3 представлен конкретный вариант осуществления вычислительного устройства, которое может быть применено в некоторых аспектах варианта осуществления с фиг. 2;

на фиг. 4 представлены некоторые аспекты архитектуры программных и аппаратных средств вы-

числительного устройства в том виде, как они могут быть использованы в некоторых аспектах технического решения, раскрываемого в настоящем документе;

на фиг. 5 представлен один конкретный графический интерфейс пользователя, который может быть применен в некоторых вариантах осуществления для реализации некоторых аспектов технического решения, раскрываемого в настоящем документе;

на фиг. 6 представлена блок-схема второго конкретного варианта осуществления способа с фиг. 1;

на фиг. 7 представлено графическое изображение последовательности действий для блок-схемы с фиг. 6.

### **Подробное раскрытие настоящего изобретения**

Техническое решение, раскрываемое в настоящем документе, можно называть интерактивным взвешиванием изображений по освещенности (IWI). Это интерактивный инструмент, который дает пользователям возможность проектировать и применять к сейсмическим изображениям различные типы схем взвешивания на основании анализа освещенности, причем цель состоит в повышении качества изображения окончательной суммарной записи. Суммарная запись - это конечный результат процедуры суммирования, при помощи которой суммируют сейсмические трассы из разных сейсмических записей, причем эти трассы имеют общую точку отражения. Процедура суммирования снижает уровень помех в окончательной суммарной записи и, в целом, повышает качество данных. Предмет изобретения, раскрываемый в настоящем документе, помимо процедуры суммирования дополнительно повышает качество данных в "окончательной" суммарной записи путем подавления помех в сейсмической записи до суммирования.

Затем техническое решение, раскрываемое в настоящем документе, дает пользователю возможность интерактивно выбирать различные полосы освещенности в подборке сейсмических изображений, и соответствующие компоненты изображения создают и оперативно изучают с тем, чтобы выявить полосы освещенности, которые содержат большую часть полезного сигнала и позволяют наиболее эффективно разделить сигнал и помехи (то есть остаточные помехи локализируют и они легко могут быть удалены). Для удаления локализованных помех из изображений, определенных в полосах освещенности, могут быть спроектированы различные весовые функции. Например, это могут делать путем проектирования пространственно изменяющихся полигонов обнуления для исключения помех из изображений. Благодаря интерактивности этого способа влияние действий (выбора полосы освещенности, проектирования весовой функции и пр.) видно практически мгновенно, что позволяет тестировать множество возможных сценариев для получения наиболее удовлетворительного результата на окончательном суммарном изображении.

Таким образом, интерактивное взвешивание изображений по освещенности (IWI) - это интерактивный инструмент сейсмической обработки для проектирования схемы взвешивания на основе освещенности, причем этот инструмент применяют для взвешивания и суммирования сейсмических изображений, что повышает качество окончательного суммарного изображения. Процедура IWI подчиняется основной идее взвешивания освещенности, но вместо применения взвешивания освещенности только к подборкам угловых изображений эту концепцию распространяют на любой тип подборок изображений при условии, что обеспечена согласованность соответствующей освещенности со входными подборками изображений. Например, процедура IWI может использовать на входе подборки изображений по пунктам взрыва вместе с соответствующими освещенностями "на стороне источника", полученными непосредственно во время миграции по общим пунктам взрыва, тем самым исключают отдельную стадию прогнозирования освещенности, требуемую в известных ранее подходах.

Еще одно концептуальное отличие от известных подходов состоит в том, что IWI использует освещенность для разложения изображений на отдельные полосы освещенности - то есть изображения становятся зависимыми от освещенности. Это обеспечивает более эффективное разделение помехи и сигнала для проектирования подходящих схем взвешивания и суммирования путем оперативного визуального анализа полученных результатов.

Поэтому описанное в настоящем документе техническое решение является интерактивным, и результаты получают в реальном времени, что позволяет тестировать различные сценарии. Процедура IWI будет наиболее полезна при использовании в сложной плохо и неравномерно освещенной геологической среде. Пример такой геологической среды - подсолевые толщи горных пород, которые являются предметом масштабных исследований. В таких обстановках окончательные изображения IWI часто чище и более высокого качества, чем обычные суммы. Можно также предусмотреть несколько альтернативных сумм IWI, которые могут быть желательными для сейсмической интерпретации.

Концепция IWI является весьма общей и гибкой. IWI можно применять к любому типу подборок изображений (угловых, по падению, по общему пункту взрыва, векторного смещения и пр.) и позволяет применять различные типы соответствующих освещенностей (на стороне источника, спрогнозированных в модели, извлеченных из данных и пр.) и схем взвешивания. Выбор задаваемой пользователем полосы освещенности и проектирование пространственно-переменного взвешивания в сочетании с интерактивным характером придает этому техническому решению значительную гибкость, которая позволяет пользователям проектировать эффективную схему взвешивания для повышения качества суммарного изо-

бражения.

Техническое решение, раскрываемое и заявленное в настоящем документе, сначала разлагает входные изображения на компоненты изображения, которые соответствуют различным полосам освещенности, заданным пользователем. Затем пользователь анализирует компоненты изображения и выявляет те из них, которые содержат преимущественно полезный сигнал, а остальные помехи могут быть отделены и локализованы. Затем пользователь проектирует подходящие схемы взвешивания для удаления локализованных помех из компонент изображения. После чего следует применение этой схемы, что улучшает сигнал в окончательном суммарном изображении. Эта процедура интерактивная, и в соответствии с проиллюстрированными в настоящем документе вариантами осуществления результаты получают в реальном времени (в других вариантах осуществления результаты могут получать в режиме, близком к реальному времени или даже по прошествии некоторого времени.) Это дает пользователю возможность протестировать различные сценарии и при необходимости предлагает несколько альтернатив.

В частности, входными данными для процедуры является набор сейсмических изображений (то есть различных типов подборок изображений) и соответствующих освещенностей (полученных ранее выбранным способом). Во время процедуры PWI отдельные сейсмические изображения сначала разлагают на компоненты изображения, соответствующие различной интенсивности освещения (то есть каждая компонента изображает только ту часть геологической среды, которая освещена с данной интенсивностью или находится в данном диапазоне освещенности). Такое разложение изображения (то есть изображение в зависимости от интенсивности освещенности) часто приводит к разделению сигнала и помех. Затем пользователь может визуально выбрать только те изображения (соответствующие той интенсивности освещенности) или компоненты этих изображений, которые содержат преимущественно сигнал. Таким образом, можно спроектировать подходящую схему взвешивания для подавления помех и улучшения сигнала в окончательном суммарном изображении для всех имеющихся изображений.

Далее приведено подробное описание примеров осуществления настоящего изобретения, пример которого представлен на прилагаемых чертежах; везде, где это возможно, для ссылки на одни и те же или подобные части на чертежах будут использованы одинаковые позиции. На фиг. 1 представлена блок-схема одного конкретного варианта осуществления технического решения, раскрываемого в настоящем документе. В одном аспекте техническое решение, раскрываемое в настоящем документе, обеспечивает способ 100 для применения с целью построения сейсмического изображения подземных геологических толщ горных пород. Способ 100 начинается с вывода на экран (в блоке 105) подборки сейсмических изображений. Согласно одному варианту осуществления, который описан ниже, это предусматривает отдельный вывод на экран каждого сейсмического изображения и соответствующей ему освещенности. Согласно другому варианту осуществления, который также описан ниже, сейсмические изображения сначала суммируют, а затем выводят на экран в виде суммы. При использовании сейсмических изображений и освещенностей их создают из набора сейсмических данных, характеризующих изображаемую геологическую толщу горных пород.

Продолжение способа 100 состоит в интерактивном выборе (в блоке 110) полосы освещенности на основании степени разделения сигнала и помех в сейсмических изображениях. Последовательность этого интерактивного выбора (в блоке 110) может до некоторой степени зависеть от реализации данного варианта осуществления. Например, в варианте осуществления, в котором сейсмические изображения и соответствующие им освещенности выводят на экран по отдельности, полоса освещенности может быть выбрана интерактивно из освещенности каждого выведенного на экран сейсмического изображения в подборке на основании степени разделения сигнала и помех в соответствующем сейсмическом изображении. С другой стороны, в варианте осуществления, в котором сначала сейсмические изображения суммируют, затем полосу освещенности интерактивно выбирают из суммы подборки сейсмических изображений на основе степени разделения сигнала и помех в суммарном изображении.

После выбора полосы освещенности (в блоке 110) способ начинается с разложения (в блоке 115) каждого сейсмического изображения из подборки на компоненты изображения, причем каждую компоненту изображения в сейсмическом изображении определяет выбранная (в блоке 105) полоса освещенности. Затем на основании преобладания сигнала в компоненте изображения выбирают (в блоке 120) по меньшей мере часть каждой компоненты изображения, и затем интерактивно взвешивают (в блоке 125) в соответствии с преобладанием сигнала. Таким образом, в каждой компоненте изображения выбирают часть, демонстрирующую сильное преобладание сигнала над помехой, и взвешивают в силу желательности включения ее в дальнейшую процедуру. Каждое разложение (в блоке 115), выбор части (в блоке 120) и взвешивание (в блоке 125) в некоторых вариантах осуществления могут повторять с дополнительными полосами освещенности, как описано ниже и показано тонкой стрелкой 140.

После завершения разложения (в блоке 115), выбора части (в блоке 120) и взвешивания (в блоке 125) способ 100 суммирует (в блоке 130) выбранные интерактивно взвешенные части. После этого изображение суммированных взвешенных частей выводят на экран (в блоке 135). Преимущество этого вывода на экран состоит в том, что он позволяет увидеть результат процедуры и принять решение повторять ли процедуру для получения более подходящего изображения, что показано тонкой стрелкой 145. Выведенное на экран изображение - это изображение подземной геологической толщи горных пород.

Теперь для лучшего понимания настоящего изобретения будет раскрыт один конкретный вариант осуществления. Варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, предполагают, что сейсмические данные (не показаны) уже были собраны. Также предполагается, что уже была выполнена некоторая предварительная обработка для получения сейсмических изображений 200 (SeI) и соответствующих им освещенностей (ILL) 205, которые представлены на фиг. 2. Кроме того предполагается, что сейсмические изображения 200 и соответствующие им освещенности 205 были предварительно собраны в соответствующие подборки 215.

Что касается сейсмических данных, из которых создают сейсмические изображения 200, то может быть использован практически любой тип сейсмических данных. Специалистам в данной области техники будет понятно, что сбор сейсмических данных выполняют в ходе сейсмических съемок, которые иногда различают в зависимости от среды, в которой их проводят. Один тип съемки известен как "морская" сейсмозапись, которую проводят в обстановках водоемов, к ним относятся не только водоемы с соленой водой, но также и с пресной, и слабоминерализованной водой. Второй тип известен как "наземные" съемки, их проводят на суше. Третий тип можно назвать съемкой "в переходной зоне", ее проводят частично на суше, частично на воде. Техническое решение, раскрываемое в настоящем документе, не ограничено тем, были ли сейсмические данные собраны при помощи морской, наземной съемки или съемки в переходной зоне.

Специалистам в данной области техники будет также понятно, что в зависимости от модификации съемки сами сейсмические данные иногда описывают как, например, двумерные (2D) или трехмерные (3D) (модификация влияет на подземную область охвата съемки, которая, например, является съемкой 2D или 3D). Существует также тип четырехмерных (4D) сейсмических данных, при этом 3D данные получают по меньшей мере в двух разных съемках в разное время, при этом время является четвертым измерением. Варианты осуществления, проиллюстрированные в настоящем документе, применяют к сейсмическим изображениям 200 и освещенностям 205, полученным из 2D данных, но раскрываемое техническое решение в равной степени применимо к 2D, 3D и 4D сейсмическим данным.

Подборки 200 сейсмических изображений могут представлять собой любой тип сейсмических изображений, известный в данной области техники. Используемый в настоящем документе термин "сейсмическое изображение" - это представление геологической среды, созданное из сейсмических данных, которые характеризуют эту геологическую среду. Специалистам в данной области техники известно как создавать такие сейсмические изображения 200 путем обработки, которая известна как миграция, и они обычно составляют то, что называют "подборками изображений" (или, кратко, "подборками"). Сейсмические данные - это дискретное цифровое представление сейсмических трасс, зарегистрированных сейсмоприемниками, а сейсмические трассы - это результат измерения уровней энергии падающей волны с течением времени. Собранные сейсмические данные перед миграцией могут быть объединены в различные "подборки" (данных), такие как подборки по общему пункту взрыва или общему пункту приема или общей средней точке и пр., которые широко известны в данной области техники. Подборка 215 (изображений) может быть получена при помощи любого подходящего способа подбора, известного в данной области техники.

"Освещенности" 205 - это наборы данных, характеризующие распределение энергии сейсмического сигнала, из которого получают сейсмические данные. Специалистам в данной области техники будет понятно, что по мере распространения в геологической среде энергия сейсмической волны взаимодействует с геологической средой, и что эти взаимодействия определяют дальнейшее распространение этой энергии. Возможно, волна встречает границу, которая отражает часть ее энергии, в то время как оставшаяся часть продолжает продвижение вперед. Или возможно, что граница преломляет волновой фронт таким образом, что никакая энергия не отражается, но далее разделяется по двум разным направлениям.

Этот процесс дает то, что известно как "освещенность". Используемый в настоящем документе термин "освещенность" - это независимая от времени величина, которая описывает пространственное распределение энергии, распространяющейся в геологической среде во время регистрации. Освещенность может быть вычислена и включена в набор упорядоченных данных, которые наносят на сейсмические изображения с целью определения интенсивности энергии данного конкретного сейсмического изображения в данной точке.

Заметим, что каждое сейсмическое изображение 200 связано только с одним соответствующим ему освещением 205, как показано на фиг. 2. Это связано с тем, что разные освещения будут давать разные сейсмические изображения 200 одной и той же геологической среды. Таким образом, в данном случае сейсмическое изображение 200 "связано с" освещенностью 205 и наоборот, в том смысле, что освещенность 205 - это освещенность, являющаяся источником сейсмических данных, из которых создано сейсмическое изображение 200. Таким же образом каждое сейсмическое изображение 200 связано с "соответствующей" освещенностью 205, то есть освещенностью 205, которая соответствует сейсмическому изображению 200.

Технические решения, при помощи которых создают сейсмические изображения 200 и соответствующие им освещенности 205, хорошо известны специалистам в данной области техники. Освещенности 205 создают в ходе той же процедуры, при помощи которой создают сейсмические изображения 200.

Однако не все процессы построения сейсмических изображений будут создавать и сейсмическое изображение 200, и освещенность 205. Некоторые будут ограничены только созданием сейсмических изображений 200. Таким образом, сейсмические изображения 200 могут быть результатом применения любого метода построения сейсмического изображения, известного в данной области техники, причем этот метод также создает соответствующие освещенности 205. Как было упомянуто выше, один такой метод - это миграция.

Кроме того, некоторые варианты осуществления могут потребовать использования освещенностей, которые более сложные (то есть зависят от большего числа переменных) и не могут быть созданы только путем традиционной миграции. Тогда помимо миграции применяют некоторые дополнительные стадии. Например, в одном подходе извлекают/оценивают освещенность, при этом вместе с миграцией предусматривают конечно-разностное моделирование. Моделирование применяют потому, что при этом подходе пытаются прогнозировать более сложную функцию освещенности: не только освещенность в зависимости от данного источника, но также и в зависимости от угла раскрытия и азимута. Еще один способ извлечения освещенности состоит, например, в изучении статистических параметров самого изображения. В этом случае вместе с миграцией применяют ряд статистических инструментов.

Этот подход не ограничивается указанными принципами извлечения. Могут существовать другие способы извлечения освещенностей, подходящие для этой задачи. Однако независимо от того, как извлечены освещенности, изображение будет играть в процедуре определенную роль, так что освещенность будет связана или будет относиться к этому конкретному изображению. Во всем остальном процедура ИВМ не зависит от того, как извлечена освещенность. Дополнительную информацию об этом подходе при желании можно найти, например, в патенте США № 8553499.

Однако процедура создания сейсмических изображений 200 и освещенностей 205 будет предусматривать, по меньшей мере, миграцию, параметры которой будут такими же, как при создании самого изображения (по этой причине освещенность связана с изображением).

Из приведенного выше описания "подборок" и "сумм" специалистам в данной области техники будет понятно, что некоторые аспекты технического решения, раскрываемого в настоящем документе, реализуют на компьютере. На фиг. 3 представлена часть вычислительной системы 300, подобная той, что может быть использована в вариантах осуществления, раскрываемых в настоящем документе. Вычислительная система 300 подключена к компьютерной сети, но это не является обязательным требованием. Варианты осуществления могут задействовать, например, одноранговую архитектуру или некоторый гибрид одноранговой и клиент-серверной архитектуры. Для применения настоящего изобретения размеры и местоположение компьютерной системы 300 не существенны. Размеры и местоположение могут изменяться от нескольких устройств локальной сети (LAN), расположенной в одном помещении, до многих сотен или тысяч устройств, распределенных по всему миру в виде корпоративной компьютерной системы и связанных по интернету.

Проиллюстрированная часть компьютерной системы 300 включает в себя сервер 310, запоминающее устройство 320 и рабочую станцию 330. Каждая из этих компонент может быть реализована в аппаратных средствах обычным способом. Варианты осуществления могут также содержать разные вычислительные устройства, используемые для реализации компьютерной системы 300. Кроме того, специалистам в данной области техники будет понятно, что компьютерная система 300 и даже показанная ее часть могут быть гораздо более сложными. Однако такие детали обычны, и мы не будем их обсуждать или демонстрировать, чтобы не затруднять понимание заявленного ниже предмета изобретения.

На фиг. 3 показано, что платформа 321 визуализации (VP) находится на сервере 310, тогда как расположение структуры данных для сейсмических изображений (SeI) 200 и освещенностей (ILL) 205 показано на накопителе 320 данных. Это только один из способов размещения и распределения различных программных компонент, настоящий способ не зависит от их расположения. Несмотря на то, что в некоторых вариантах осуществления проблемы быстродействия при определенных местоположениях, характерных для способа реализации, могут быть смягчены, в иных случаях местонахождение компонент программного обеспечения значения не имеет.

Платформа 321 визуализации - это специализированное программное обеспечение, включающее в себя взаимодействующие программные средства, которые используют для изображения, анализа и использования другим способом ранее полученных сейсмических данных или различных видов сейсмических изображений, полученных из таких данных для различных целей. Иногда термин "платформа визуализации" может быть использован также для ссылки на вычислительное устройство с запрограммированной платформой визуализации или такое, через которое можно получить доступ к платформе визуализации на другом вычислительном устройстве. Для целей настоящего изобретения этот термин будет использован при описании программного обеспечения.

Платформы визуализации широко известны в данной области техники. У ряда поставщиков, широко известных в данной области техники, имеется несколько доступных для приобретения готовых решений для платформ визуализации, и помимо других мест их можно найти в интернете. Эти платформы визуализации могут быть модифицированы для выполнения задач, описанных в настоящем документе. Модификации для достижения этой цели будут понятны специалистам в данной области техники, пони-

мающим преимущества настоящего раскрытия, и они будут способны легко осуществить эти модификации или уже осуществляли их.

На фиг. 1 способ 100 - это способ для использования при построении сейсмического изображения подземной геологической толщи горных пород. Конечный результат способа 100 - это суммарное изображение (StI) 220, представленное на фиг. 2. Специалистам в данной области техники будет понятно, что суммарные изображения могут быть использованы разными способами, и что эти способы использования иногда предписывают обработку суммарных изображений, а также исходных изображений. Эти же соображения определяют выбор и создание сейсмических изображений 200 для ввода в способе 100 в техническом решении, которое раскрывается в настоящем документе.

На фиг. 1-3 пользователь 340 запускает платформу 321 визуализации на рабочей станции 330 для выполнения способа 100. Способ 100 начинается с вывода на экран (в блоке 105) подборки 215 сейсмических изображений 200 с соответствующими им освещенностями 205. Сейсмические изображения 200 и освещенности 205 создают из набора сейсмических данных (не показан), характеризующих геологическую толщу горных пород (тоже не показана), как описано выше. Фактический вывод на экран выполняют при помощи рабочей станции 330 под управлением платформы 321 визуализации по указанию пользователя 340.

Специалистам в данной области техники будет понятно, что любое сейсмическое изображение 200 содержит и сигнал, и помеху. В данном случае "сигнал" - это данные, содержащие информацию о геологической среде и, как правило, происходят от сейсмического сигнала, который используют для сбора сейсмических данных (в "сигнале" также проявляется влияние геологической среды на такие сейсмические сигналы). В этом смысле "сигнал" и полученные из него данные характеризуют геологическую среду, через которую они проходят. Напротив, "помехи" - это данные, которые не характеризуют геологическую среду. Помеха возникает от многих источников и обычно она нежелательна. Специалисты в данной области техники найдут техническое решение, раскрываемое в данном документе, полезным для уменьшения помех в суммарных изображениях.

Затем пользователь 340 интерактивно выбирает (в блоке 110) полосу освещенности из освещенности 205 каждого выведенного на экран сейсмического изображения 200 в подборке 215, причем полоса освещенности основана на степени разделения сигнала и помехи. Выбранная полоса освещенности будет демонстрировать хорошее разделение сигнала и помехи. В проиллюстрированном варианте осуществления каждое сейсмическое изображение 200 выводят на экран пользователя 340 вместе с соответствующей освещенностью 205, показанной на экране. Ползунок в интерфейсе пользователя (не показан) используют для перемещения в диапазоне освещенностей. Конкретнее, когда пользователь 340 передвигает ползунок, пиксели, интенсивность которых не выбрана ползунком, становятся подавленными или обнуленными.

Пользователь 340 анализирует выведенное на экран сейсмическое изображение 200 на предмет разделения помехи и сигнала. Выборочная освещенность облегчает пользователю 340 выявление участков с хорошим разделением на выведенном на экран сейсмическом изображении 200. Степень требуемого разделения будет характерной особенностью реализации, зависящей в первую очередь от 1) предполагаемого использования полученного суммарного изображения 220; 2) требуемого качества суммарного изображения 220 с учетом этого предполагаемого использования и 3) вычислительных и финансовых затрат на выполнение этих действий. Заметим, что эти факторы не являются исключительными, и в других вариантах оказывать влияние могут другие факторы. Специалистам в данной области техники, получающим преимущества от использования настоящего раскрытия, будет понятно, как перечисленные факторы взаимодействуют и учитывают эти соображения.

Кроме того, существует субъективная оценка пользователя 340. Специалисты в данной области техники получают навык и способность анализировать, которые лежат в основе такой субъективной оценки и вытекают из опыта с течением времени. Пользователь 340 может также сотрудничать с коллегами, чей вклад расценивают как полезный или желательный. Возможно даже коллективное принятие решений о том, какие участки выведенных на экран сейсмических изображений 200 интересны в силу качества разделения помехи и сигнала. Однако из-за субъективности оценки результат может быть разным в зависимости от навыка и способности анализировать, проявленных при принятии решения.

Полосу освещенности (не показана) определяют первая и вторая интенсивности энергии, выбранные пользователем 340. Выбор этих интенсивностей основан на субъективной оценке качества рассмотренного выше разделения сигнала и помехи. Узость или ширина диапазона будет зависеть от того, какие интенсивности энергии дают требуемое разделение. Передать платформе 321 визуализации информацию о выборе можно любым подходящим способом в зависимости от интерфейса пользователя. Таким образом, в зависимости от интерфейса пользователя передачу информации о сделанном выборе можно осуществлять посредством сенсорного экрана, или при помощи мыши, или даже путем ввода вручную в диалоговых окнах.

Как показано на фиг. 5, в проиллюстрированном варианте осуществления пользователь 340 манипулирует ползунком 500 в панели просмотра 505 графического интерфейса 510 пользователя. Пользователь 340 выбирает на выведенном на экран сейсмическом изображении 200 первую интенсивность, при

которой наблюдает хорошее разделение сигнала и помехи. Затем пользователь 340 продолжает двигать ползунок 500 до тех пор, пока разделение не станет хуже желательного, после чего пользователь 340 снова делает выбор на экране. Затем платформа 321 визуализации записывает выбранную полосу освещенности для выведенного на экран сейсмического изображения 200 с целью использования в последующем разложении изображения. Эту процедуру повторяют для каждого сейсмического изображения 200 в подборке 215.

Как было отмечено выше, выбранная полоса освещенности будет диапазоном интенсивностей освещенности на выведенном на экран сейсмическом изображении 200, причем этот диапазон демонстрирует "хорошее" разделение сигнала и помехи. Что является "хорошим" зависит от субъективной оценки интерпретатора ("пользователь" - это обычно человек, известный как "интерпретатор"), который использует техническое решение, раскрытое и заявленное в настоящем документе. По существу, "хорошо" - это то, что по мнению пользователя "достаточно хорошо" для сейсмического назначения окончательного суммарного изображения. Объективнее - это точка, в которой интерпретатор считает, что он может видеть преобладание сигнала над помехой.

Например, согласно одному варианту осуществления "хорошее" разделение сигнала и помехи означает, что сигнал и помеха не перекрывают друг друга в пространстве в пределах конкретной полосы освещенности. Сигнал может изменяться в зависимости от сейсмического назначения. Иногда это когерентное и протяженное событие, если сейсмическое назначение состоит в поисках залежи. А иногда при поисках разлома это разрыв. Но в любом случае "хорошее" разделение должно давать пользователю возможность удалять помеху без повреждения сигнала.

Пользователь ищет полосу освещенности, в которой сигнал может быть найден несмотря на то, что этот сигнал может быть не виден при рассмотрении того изображения, которое соответствует полному диапазону освещенности. Для выявления сигнала интерпретатор ищет некоторые ожидаемые особенности, которыми может обладать сигнал, например непрерывность слоев, конкретные ожидаемые падения, зоны разломов и пр. То, что интерпретатор считает сигналом, также может быть субъективным.

Заметим, что на практике такое взаимодействие с пользователем может ограничивать количество сейсмических изображений 200 (и соответствующих им освещенностей 205) в подборке 215. Изучение и оценка каждого сейсмического изображения 200 занимает у каждого пользователя 340 конечное время. Поэтому время на выполнение этой части процедуры будет ограничено количеством выведенных на экран сейсмических изображений 200, которые могут быть обработаны. Однако теоретических ограничений не существует, и размер подборки 215 ограничен только объемом ресурсов - и вычислительных, и человеческих - которые выделяют на эту задачу.

Способ 100, проиллюстрированный на фиг. 1, предусматривает далее разложение (в блоке 115) каждого из сейсмических изображений 200 подборки 215 на компоненты 225 изображения ("PI"), как показано на фиг. 2. Каждая компонента 225 изображения определена на соответствующем сейсмическом изображении 200 полосой освещенности, выбранной из соответствующей освещенности 205. Таким образом, выбранную полосу освещенности используют для выявления пикселей (не показаны), которые следует оставить на сейсмическом изображении 200 и которые следует обнулить или подавить. Любой пиксель с интенсивностью энергии (полученной из освещенности 205 сейсмического изображения 200), попадающей за пределы выбранной полосы освещенности, подавляют или обнуляют при помощи платформы 321 визуализации. Результатом является компонента 225 изображения, полученная при разложении (в блоке 115) сейсмического изображения 200.

Как видно из фиг. 1, продолжением способа 100 является выбор (в блоке 120) по меньшей мере части (SP) 230 одной или нескольких компонент 225 изображения на основе преобладания сигнала. Пространственное разделение помехи и сигнала станет более очевидным после разложения сейсмических изображений 200 на компоненты 225 изображений, как описано выше. Пользователь 340 может изучить каждую из компонент 225 изображения и определить, в какой части 230 этих компонент 225 изображений, если таковые имеются, сигнал преобладает над помехой.

Какой сигнал достаточно велик по сравнению с помехой также является предметом субъективной оценки пользователя 340. Пользователь 340 анализирует выведенные на экран части 230 на наличие помехи и сигнала. Содержание достаточно большой сигнал по отношению к помехе в любой части 230 будет характерной особенностью реализации, зависящей в первую очередь от 1) предполагаемого использования полученного суммарного изображения 220; 2) требуемого качества суммарного изображения 220 с учетом этого предполагаемого использования и 3) вычислительных и финансовых затрат на выполнение этих действий. Заметим, что эти факторы не являются исключительными, и оказывать влияние в других вариантах осуществления могут другие факторы. Специалистам в данной области техники, получающим преимущества от использования настоящего раскрытия, будет понятно, как перечисленные факторы взаимодействуют и учитывают эти соображения.

Кроме того, это еще одна субъективная оценка со стороны пользователя 340. Специалисты в данной области техники получают навык и способность анализировать, которые лежат в основе такой субъективной оценки и вытекают из опыта с течением времени. Пользователь 340 может также сотрудничать с коллегами, чей вклад расценивают как полезный или желательный. Выполнение оценки может быть да-

же коллективным. Однако из-за субъективности оценки результат может быть разным в зависимости от навыка и способности анализировать, проявленных при принятии решения.

Согласно проиллюстрированному варианту осуществления части 230 определяют по перекрывающимся полигонам. Заметим, что некоторые варианты осуществления могут работать с большей размерностью и могут объединять полигоны проиллюстрированных вариантов осуществления в многогранники. Тогда пользователь 340 может указывать или выбирать нужные полигоны при помощи интерфейса пользователя. Таким образом, в зависимости от интерфейса пользователя передачу информации о сделанном выборе можно осуществлять, например, посредством сенсорного экрана или при помощи мыши. В проиллюстрированном варианте осуществления задействована мышь, и поэтому нужная часть 230 может быть выбрана при помощи мыши. В модификациях изобретения могут быть использованы другие подобные возможности. Некоторые варианты осуществления могут давать пользователю 340 возможность определять свою собственную часть 230, например, при помощи указательного устройства или прикосновений к сенсорному экрану. Согласно некоторым вариантам осуществления таких действий могут избегать, выбирая целиком всю компоненту 225 изображения, а не некоторую ее часть 230. Таким образом, согласно некоторым вариантам осуществления выбранная часть 230 может представлять собой полностью всю компоненту 225 изображения.

Способ 100, представленный на фиг. 1, продолжают путем интерактивного взвешивания (в блоке 125) выбранных частей 230, которые относятся к преобладанию сигнала. Взвешивание зависит от преобладания сигнала по субъективной оценке пользователя 340 с учетом характерных особенностей реализации, например 1) предполагаемого использования полученного суммарного изображения 220; 2) требуемого качества суммарного изображения 220 с учетом этого предполагаемого использования и 3) вычислительных и финансовых затрат на выполнение этих действий. Заметим, что эти факторы не являются исключительными, и другие факторы могут оказывать влияние в других вариантах осуществления. Специалистам в данной области техники, получающим преимущества от использования настоящего раскрытия, будет понятно, как перечисленные факторы взаимодействуют и учитывают эти соображения.

Согласно проиллюстрированному варианту осуществления используют двоичную систему взвешивания. Если пользователь 340 принимает решение, что выбранная часть 230 содержит достаточный объем сигнала по сравнению с помехой, тогда он назначает вес "1", что полностью включает содержимое этой части в суммарное изображение 220. В противном случае пользователь 340 назначает вес "0", что обнуляет или подавляет выбранную часть 230 в суммарном изображении 220.

Однако в модификациях изобретения могут использовать альтернативные схемы взвешивания и любые подходящие схемы взвешивания, известные в данной области техники. Например, можно оставить выбранную часть 230 без взвешивания, и затем применить весовую функцию "0" к остальной части компоненты 225 изображения, чтобы обнулить ее. Либо в соответствии с другим вариантом в зависимости от качества выбранной части 230 могут быть применены веса величиной между "0" и "1", либо компоненте 225 изображения может быть присвоен вес "1", и тогда частям компоненты 225 изображения, которые не выбраны (то есть не являются частью выбранной части), присваивают вес "0". Множество подобных вариантов может быть использовано в качестве других вариантов осуществления.

Затем способ 100 может быть возвращен к началу цикла для выбора дополнительных полос освещенности (в блоке 110), как указано тонкой линией 140, либо для обработки дополнительных компонент изображений, как указано тонкой линией 145, до тех пор, пока не будут обработаны все требуемые компоненты изображения. Однако в некоторых вариантах осуществления цикличность может быть не предусмотрена. Для некоторых полос освещенности с достаточно хорошими (по оценке пользователя) соответствующими им изображениями способ 100 может пропускать стадии 115-125, как описано ниже. По существу, "цикл по освещенности" эквивалентен выбору полос (возможно, одной или нескольких), содержащих сигнал и отделимую помеху, а затем удалению помехи в этих полосах при помощи процедуры 115-125 на фиг. 1.

Однако согласно этому варианту осуществления в окончательной сумме не требуются освещенности, которые 1) пропущены, поскольку они содержат только сигнал и не требуют обработки; и 2) обработаны с целью удаления помехи. В некоторых случаях отдельные полосы освещенности полны помех, и эти полосы можно игнорировать. Это напрямую эквивалентно применению веса "0" ко всей области всех компонент изображения. Таким образом, цикл по освещенности может быть необязательным, а окончательное изображение суммируют по всем полезным полосам освещенности независимо от того, обработаны они или не обработаны.

Затем способ 100 выводит на экран (в блоке 135) пользователя 340 изображение суммы, то есть суммарное изображение 220. Это дает пользователю 340 возможность рассмотреть и оценить суммарное изображение 220, чтобы понять пригодно ли оно для сейсмических целей. Это снова субъективная оценка со стороны пользователя 340. Если пользователь 340 удовлетворен качеством суммарного изображения 220, тогда процедура может быть прекращена.

Однако если пользователь 340 не удовлетворен, тогда согласно некоторым вариантам осуществления способ 100 может быть целиком или частично повторен. Так пользователь 340 может принять решение вернуться и заново взвесить (в блоке 125) выбранные части 230 и повторно суммировать их (в блоке

130). Либо пользователь 340 может принять решение забраковать выбранные части 230, вернуться к компонентам 225 изображения, выбрать новые части 230 (в блоке 120), взвесить их (в блоке 125) и суммировать (в блоке 130). В зависимости от варианта осуществления пользователь 340 может проделать весь путь назад до выбора полосы освещенности (в блоке 110).

Обработку изображений (в блоках 115, 120, 125, 130 и 135) выполняют в режиме реального времени или в режиме, близком к реальному времени. Это дает пользователю 340 возможность быстро пройти эту процедуру и быстро выполнить множество итераций. В свою очередь, это дает пользователю 340 возможность рассмотреть множество суммарных изображений 220 прежде, чем выбрать лучшее по его мнению.

Согласно вариантам осуществления, в которых повторяют различные части способа 100, различные итерации будут, как правило, давать в результате различные суммарные изображения 220. Кроме того, эти суммарные изображения 200 могут быть использованы в различных сейсмических целях. Так, например, в первой итерации могут задействовать первый набор компонент изображений и получают первое суммарное изображение, тогда как во второй итерации задействуют второй набор компонент изображения и получают второе суммарное изображение. Таким образом, первый набор компонент изображения может отличаться от второго набора, а первое суммарное изображение может отличаться от второго суммарного изображения. Согласно некоторым вариантам осуществления это отличие может отражать различные сейсмические цели первого и второго суммарных изображений. Для рассмотрения нескольких сценариев и дальнейшего повышения качества изображения могут также использовать множество итераций.

В данном случае сейсмической целью может быть практически любая сейсмическая цель, известная специалистам в данной области техники, для которой могут использовать суммарное изображение. Например, сейсмические изображения могут использовать для локализации и описания характеристик углеводородных залежей. Сейсморазведка - это основной способ, который используют в отрасли для того, чтобы "смотреть сквозь землю" в большом масштабе и с требуемым разрешением. Судя по сейсмическим изображениям и геологической информации можно описать, например, геологическое развитие геологической среды, выявить потенциальные нефтематеринские породы и пути миграции углеводородов через геологическую среду, спрогнозировать местоположения пород-коллекторов и, тем самым, возможные скопления углеводородов. Также при наличии некоторых других данных зачастую можно описать характеристики залежей (размер, расчлененность, содержание флюидов и их вязкость, пористость и пр.). Можно также использовать сейсмические изображения в 4D-исследованиях - для картирования изменений геологической среды в течение некоторого периода времени в ходе разработки залежей. Это может предусматривать, например, мониторинг движения флюида в участках залежи, картирование изменений формы (например, сокращения) залежей и вышележащих горных пород и пр. Сейсмические изображения могут также использовать для прогнозирования потенциальных геоопасностей, находящихся выше залежи, которую планируют разбуривать. Таким образом, сейсмические изображения в сочетании с другими данными играют свою роль в составлении проектов бурения и добычи из залежей углеводородов.

Некоторые части способа 100 предусматривают "интерактивное" выполнение некоторых действий. В контексте настоящего документа термин "интерактивный" указывает на активное взаимодействие между пользователем и вычислительным устройством посредством пользовательского интерфейса вычислительного устройства. Таким образом, "интерактивный выбор полосы освещенности" (в блоке 110) выполняет пользователь, а не вычислительное устройство. То же самое верно для "интерактивного выбора" (в блоке 120) из частей 230 и "интерактивного взвешивания" (в блоке 125) выбранных частей.

Как видно из описания выше, некоторые аспекты этого способа компьютеризированы. В связи с этим на фиг. 3 представлены отдельные аспекты архитектуры программных и аппаратных средств в том виде, как они могут быть использованы в некоторых аспектах раскрываемого здесь метода. Вычислительное устройство 400 предусматривает процессор 403, взаимодействующий с хранилищем 406 по каналам 409 передачи информации. Проиллюстрированная архитектура аппаратного и программного обеспечения может быть распределена в вычислительном оборудовании, содержащем некоторое количество вычислительных устройств. Вычислительная система 300 является лишь одним примером такой распределенной архитектуры аппаратного и программного обеспечения.

Процессор 403 может быть любым подходящим процессором или группой процессоров, известных в данной области техники. Будет понятно, что в зависимости от известных подробностей конкретной реализации в разных вариантах осуществления некоторые типы процессоров будут более предпочтительны. Обычно в процессе проектирования учитывают такие факторы, как мощность процессора, скорость, стоимость и потребление энергии, они существенно зависят от конкретной реализации. Поскольку их повсеместно используют в данной области техники, такие факторы будут легко согласованы друг с другом специалистами в данной области техники, понимающими преимущества от использования настоящего изобретения.

Таким образом, специалисты в данной области техники, получающие преимущества от использования настоящего раскрытия, поймут, что процессор 403 теоретически может быть электронным микро-

контроллером, электронным контроллером, электронным микропроцессором, группой электронных процессоров или графическими процессорами (GPU). В некоторых вариантах осуществления могут быть использованы некоторые сочетания этих типов процессоров.

Однако на практике наборы сейсмических данных и сейсмические изображения очень массивные, и их обработка требует большого объема вычислений. Поэтому типичные реализации процессора 403 фактически содержат несколько групп электронных процессоров, распределенных между несколькими согласованно работающими вычислительными устройствами. Один из таких вариантов осуществления описан выше. Эти соображения оказывают аналогичное влияние на реализацию хранилища 406 и каналы 409 передачи информации.

Хранилище 406 может предусматривать жесткий диск и/или оперативную память (RAM), ни то, ни другое не показано. Оно может также предусматривать сменный носитель данных, например гибкий магнитный диск 412, оптический диск 415 или карту флеш-памяти (не показана). Могут быть использованы эти и любые другие подходящие запоминающие устройства, известные в данной области техники. Для специалистов в данной области техники заметим, что запоминающие устройства энергонезависимы.

Конструктивные ограничения в любом конкретном варианте осуществления могут в зависимости от конкретной реализации оказывать влияние на конструкцию хранилища 406. Например, как отмечено выше, раскрываемый метод работает с объемными массивами данных, что обычно компенсируют использованием разных типов накопителей данных, таких как избыточный массив независимых дисков (RAID). Специалистам в данной области техники известны также другие типы накопителей данных, которые могут быть использованы в дополнение или вместо RAID. Так же, как и в случае с процессором 403, в процессе проектирования эти типы факторов общеизвестны, и специалисты в данной области техники, понимающие преимущества от использования настоящего раскрытия, легко смогут найти их оптимальное соотношение в связи с ограничениями конкретного проекта реализации. Хранилище 406 может быть распределено между несколькими вычислительными устройствами, как описано выше.

Хранилище 406 содержит ряд программных компонент. К этим компонентам относится операционная система (OS) 418, платформа 321 визуализации (VP), одна или несколько структур данных, в том числе сейсмические изображения (Sel) 200 и их освещенности (ILL) 205. По мере выполнения процедуры хранилище 406 в конечном счете будет заполнено кодами компонент 225 изображения (PI), выбранных частей (SP) 230 компонент 225 изображения и суммарных изображений (StI) 220.

Процессор 403 работает под управлением операционной системы 418 и исполняет платформу 321 визуализации с использованием канала 409 передачи информации. Этот процесс может начинаться автоматически, например при запуске, или по команде пользователя. Команда пользователя может быть отдана напрямую при помощи пользовательского интерфейса. С этой целью в приведенном примере осуществления вычислительная система 400 также использует некоторого рода пользовательский интерфейс 442, предусматривающий программное обеспечение 445 пользовательского интерфейса (UIS) и экран 440. Он может также предусматривать периферийные устройства ввода/вывода (I/O), такие как кнопочная панель или клавиатура 450, мышь 455 или джойстик 460. Такие детали конкретной реализации не имеют значения для раскрываемого здесь метода.

Кроме того, отсутствуют требования по реализации функциональные возможности описанной выше вычислительной системы 400 в том виде, как описано в настоящем документе. Например, платформа 321 визуализации может быть реализована в виде других программных компонент, таких как служебный процесс или утилита. Функциональные возможности платформы 321 визуализации не обязательно должны быть объединены в одну компоненту и могут быть распределены между двумя или более компонентами. Таким же образом структуры (структура) данных могут быть реализованы с использованием любых подходящих структур данных, известных в данной области техники.

Реализация канала 409 передачи информации будет также зависеть от конкретной реализации. Если вычислительная система 400 установлена на одном вычислительном устройстве, канал 409 передачи информации может быть, например, системой шин этого одного вычислительного устройства. Либо если вычислительная система 400 реализована на системе взаимодействующих вычислительных устройств, тогда канал 409 передачи информации может предусматривать проводную или беспроводную связь между вычислительными устройствами. По этой причине реализация канала 409 передачи информации будет зависеть от конкретного варианта осуществления настолько существенно, насколько это очевидно специалистам в данной области техники, понимающим преимущества от использования настоящего изображения.

Некоторые части представленного здесь подробного описания изложены в терминах программно реализованной процедуры, содержащей символические представления операций над битами данных в памяти компьютерной системы или вычислительного устройства. Эти описания и представления являются средствами, которые специалисты в данной области техники используют для более эффективной передачи содержания своей работы другим специалистам в данной области техники. Процедура и функционирование требуют конкретных манипуляций физическими величинами, которые приведут к физическим изменениям конкретного устройства или системы, на которой выполняют эти действия или на которой хранят результаты. Обычно, но необязательно, эти величины принимают форму электрических,

магнитных или оптических сигналов, которые можно хранить, передавать, комбинировать, сравнивать или выполнять с ними другие действия. Иногда, особенно в целях широкого использования, считают удобным называть эти сигналы битами, значениями, элементами, символами, термами, числами и т.д.

Однако следует помнить, что все эти и аналогичные термины должны быть связаны с соответствующими физическими величинами и являются просто удобными обозначениями, которые применяют для этих величин. Если в настоящем раскрытии специально не оговорено или из него иным образом не очевидно, эти описания относятся к действиям и процедурам электронного устройства, которое выполняет действия и преобразует данные, представленные в виде физических (электронных, магнитных или оптических) величин в хранилище некоторого электронного устройства, в другие данные, также представленные в виде физических величин в хранилище или на передающих или отображающих устройствах. Типичными терминами в таком описании, среди прочих, могут быть: "обработка", "вычисление", "расчет", "нахождение", "вывод на экран" и подобные им.

Кроме того, выполнение функций программного обеспечения изменяет вычислительное устройство, на котором оно происходит. Например, сбор данных будет так же физически изменять содержимое хранилища, как и последующая обработка данных. Физическое изменение - это "физическое преобразование", которое приводит к изменению физического состояния хранилища данных вычислительного устройства.

Заметим, что программно реализованные аспекты изобретения обычно записывают на некоторый носитель - запоминающее устройство для хранения программ - или реализуют с использованием некоторой среды передачи информации. Кроме того, запоминающее устройство энергонезависимо. Запоминающее устройство для хранения программ может быть магнитным (например, гибким диском или жестким диском) или оптическим (например, постоянное запоминающее устройство на компакт-диске или CD-ROM), оно может быть предназначено только для чтения или для неограниченного доступа. Таким же образом среда передачи информации может быть коаксиальным кабелем, витыми парами, оптическим волокном или некоторой другой средой передачи информации, известной в данной области техники. Изобретение не ограничено этими аспектами любых реализаций.

Из раскрытия в настоящем документе специалистам в данной области техники будет понятно, что по мере увеличения количества сейсмических изображений и освещенностей способ 100 станет занимать довольно много времени. Одним конкретным подходом к решению этой сложной проблемы является второй вариант осуществления, представленный на фиг. 6 и 7. Согласно этому конкретному варианту осуществления вывод на экран (в блоке 605) подборок 715 предусматривает суммирование подборок 715 и затем вывод на экран суммы 710. Затем пользователь интерактивно делает выбор (в блоке 610) по выведенным на экран суммам 710 вместо того, чтобы поочередно рассматривать каждое отдельное сейсмическое изображение 200 и освещенности 205, как в варианте осуществления на фиг. 1 и 2.

Затем, как описано выше для варианта 100 осуществления, на фиг. 1 и 2 выполняют разложение (в блоке 615) сейсмических изображений 200 на компоненты 725 изображения, интерактивный выбор (в блоке 620) частей 730, интерактивное взвешивание (в блоке 625) выбранных частей. Интерактивно выбранные взвешенные части 735 затем суммируют (в блоке 630), и суммарное изображение 720 выводят на экран пользователя. Так же, как и в предыдущих вариантах осуществления, части этой процедуры могут быть повторены для множества полос освещенности, что показано тонкой линией 640. Таким же образом может быть выполнено множество итераций этой процедуры, что показано тонкой линией 645.

Из предшествующего описания понятно, что раскрываемый в настоящем документе способ допускает варианты осуществления интерактивного выбора полос освещенности. Отличия разных вариантов реализации интерактивного выбора полосы освещенности представлены в описании блок-схем на фиг. 1 и 2 и 6 и 7. В последующих вариантах осуществления подборки 700 загружают вместе с соответствующими им освещенностями 705 на платформу визуализации и затем суммируют для формирования единого изображения 710, которое затем выводят на экран, как на фиг. 6 (в блоке 605). Затем с помощью ползунков 500, показанных на фиг. 5, пользователь 340 одновременно исследует освещенности 705. Таким образом, один выбор при помощи ползунков применяют сразу ко всем освещенностям 705, одновременно разлагая изображения 700 на компоненты, причем это делают сразу же после суммирования. В этой процедуре одновременного сканирования пользователь 340 изучает зависимость соответствующего суммарного изображения 710 от освещенности. Это является основой для интерактивного выбора полосы освещенности по степени разделения сигнала и помехи в сумме 710 на фиг. 6 (в блоке 610). Эта вторая процедура отличается от процедуры на фиг. 1 (в блоке 110), где интерактивный выбор полосы освещенности выполняют с использованием не единого суммарного изображения, а по отдельности и независимо по каждому изображению 200 из подборки 215, то есть процедуру повторяют столько раз, сколько имеется изображений 200, что подразумевает более трудоемкий процесс.

После интерактивного выбора полосы освещенности в блоке 610, остальная блок-схема, представленная на фиг. 6 и 7, аналогична блок-схеме, представленной на фиг. 1 и 2. В зависимости от степени разделения сигнала и помехи в общем диапазоне освещенности суммы 710, где степень разделения установлена во время процедуры сканирования в блоке 610, может быть выбрано более одной такой полосы. В таком случае процедура становится цикличной, как показано тонкой линией 640, и работает таким же

способом, как и в цикле 140, описанном выше. В блоке 630 происходит суммирование.

После суммирования в блоке 630 (или согласно другому варианту в блоке 130) процедура может быть зациклена (в блоке 645 или в блоке 145) и повторена, например, для тестирования другого сценария. Возможно, требуется попробовать весь набор различных полос освещенности, поскольку описанная выше процедура выбора не уникальна и, таким образом, выбор может быть не единственным возможным выбором. Либо возможно, что стала известна некоторая новая информация о геологической среде, так что процедурой лучше управлять с учетом этой информации.

Другие варианты осуществления настоящего изобретения будут понятны специалистам в данной области техники при рассмотрении раскрытого в настоящем документе описания изобретения и практического использования изобретения. Например, специалистам в данной области техники, понимающим преимущества настоящего раскрытия, будет понятно, что не все эти стадии могут быть выполнены в описанном порядке. Можно также организовать во время ввода цикл по сейсмическим изображениям, а не по полосам освещенности. Затем одно сейсмическое изображение может быть выбрано, разложено на набор компонент изображения (каждая из которых связана со своей полосой освещенности), затем могут быть выбраны хорошие части компонент изображения (при помощи пространственных полигонов) и затем (возможно, после их частичного суммирования) они могут быть сохранены. Затем это может быть повторено после ввода другого сейсмического изображения из подборки. В результате и проиллюстрированная процедура и этот вариант процедуры суммируют все сохраненные результаты по всем сейсмическим изображениям. Заметим также, что не все варианты осуществления обязательно обладают изложенными выше характеристиками, и мера, в какой они обладают этими характеристиками, может быть неодинаковой. Предполагается, что описание изобретения и примеры будут рассматриваться только в качестве иллюстрации, а истинное существо и объем изобретения приведены ниже в формуле изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ для применения при построении сейсмических изображений подземных геологических толщ горных пород, предусматривающий
  - вывод на экран подборки сейсмических изображений, причем сейсмические изображения созданы из набора сейсмических данных, характеризующих геологическую толщу горных пород;
  - интерактивный выбор полосы освещенности на основании степени разделения сигнал-помеха в сейсмических изображениях, при этом полоса освещенности соответствует диапазону интенсивности освещенности сейсмической энергии, которая освещает геологические толщи горных пород;
  - разложение каждого из сейсмических изображений из подборки на компоненты изображения, причем каждую компоненту изображения в сейсмическом изображении определяет выбранная полоса освещенности, при этом каждая компонента изображения содержит пиксели соответствующего сейсмического изображения, интенсивность энергии которого находится в пределах выбранной полосы освещенности;
  - интерактивный выбор по меньшей мере части одной или нескольких компонент изображения на основании преобладания сигнала по отношению к помехе;
  - интерактивное взвешивание выбранных частей, которые связаны с преобладанием сигнала по отношению к помехе;
  - суммирование выбранных интерактивно взвешенных частей и вывод на экран изображения суммированных взвешенных частей.
2. Способ по п.1, в котором вывод на экран подборки сейсмических изображений предусматривает суммирование подборки сейсмических изображений и вывод на экран суммы подборки сейсмических изображений.
3. Способ по п.2, в котором интерактивный выбор полосы освещенности предусматривает интерактивный выбор полосы освещенности из суммы подборки сейсмических изображений на основании степени разделения сигнал-помеха.
4. Способ по п.1, в котором
  - вывод на экран подборки сейсмических изображений предусматривает вывод на экран некоторого количества соответствующих освещенностей для этих сейсмических изображений; и
  - интерактивный выбор полосы освещенности предусматривает интерактивный выбор полосы освещенности из освещенности каждого выведенного на экран сейсмического изображения из подборки на основании степени разделения сигнал-помеха.
5. Способ по п.1, дополнительно предусматривающий повторение по меньшей мере одного из интерактивных выборов полосы освещенности, разложения, интерактивного выбора части, интерактивного применения весовой функции, суммирования и вывода на экран.
6. Способ по п.5, в котором
  - первое повторение задействует первый набор компонент изображения и получает первое суммарное изображение; и

второе повторение задействует второй набор компонент изображения и получает второе суммарное изображение;

при этом первый набор компонент изображения отличается от второго набора, а первое суммарное изображение отличается от второго суммарного изображения.

7. Способ по п.1, в котором подборка содержит либо угловую подборку, либо подборку по падению, либо подборку по общему пункту взрыва, либо выходящую подборку по азимутам.

8. Способ по п.1, в котором изображение - это изображение подземной геологической толщи горных пород.

9. Реализованный на компьютере способ, предусматривающий

вывод на экран подборки сейсмических изображений с соответствующими им освещенностями, причем сейсмические изображения и освещенности созданы из набора сейсмических данных, характеризующих геологическую толщу горных пород;

получение входных данных путем выбора полосы освещенности из освещенности каждого выведенного на экран сейсмического изображения из подборки на основании степени разделения сигнал-помеха, при этом полоса освещенности соответствует диапазону интенсивности освещенности сейсмической энергии, которая освещает геологические толщи горных пород;

разложение каждого из сейсмических изображений в подборке на компоненты изображения, причем каждую компоненту изображения в сейсмическом изображении определяет полоса освещенности, выбранная из соответствующей освещенности, при этом каждая компонента изображения содержит пиксели соответствующего сейсмического изображения, интенсивность энергии которого находится в пределах выбранной полосы освещенности;

получение входных данных путем выбора по меньшей мере части одного или нескольких компонент изображения на основании преобладания сигнала по отношению к помехе;

повторно

получение некоторого количества входных данных путем взвешивания выбранных частей, которые связаны с преобладанием сигнала по отношению к помехе;

суммирование выбранных взвешенных частей;

вывод на экран изображения суммы и

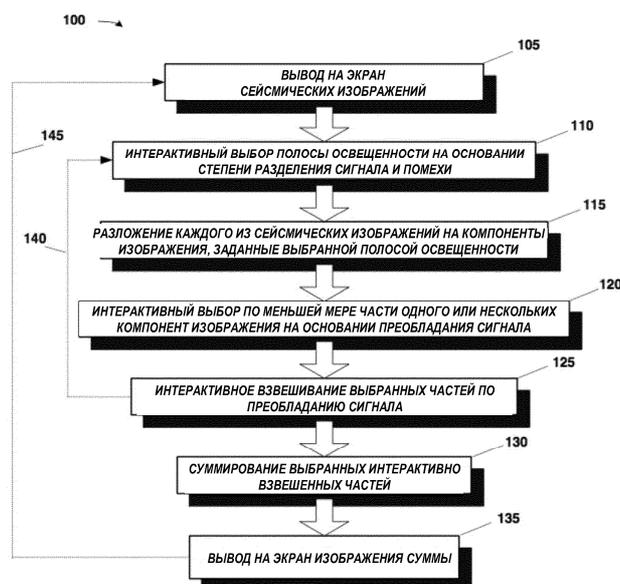
получение входных данных путем выбора одной из сумм из суммарных изображений, выведенных на экран.

10. Реализованный на компьютере способ по п.9, в котором

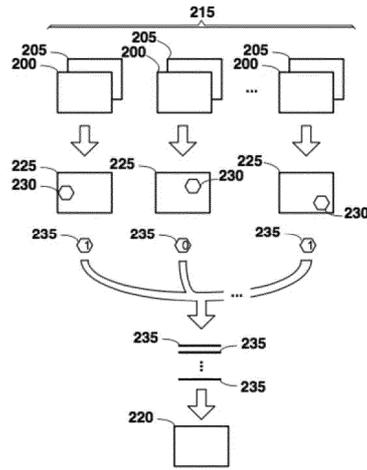
первое повторение задействует первый набор компонент изображения и получает первое суммарное изображение; и

второе повторение задействует второй набор компонент изображения и получает второе суммарное изображение;

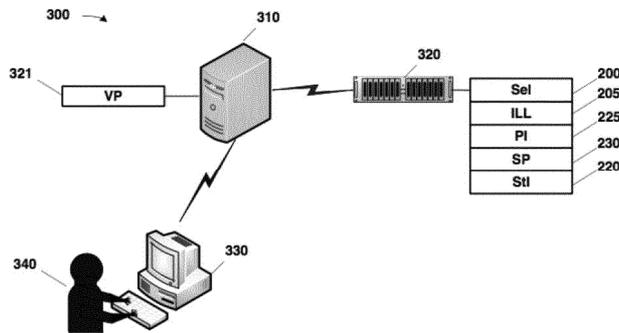
при этом первый набор компонент изображения отличается от второго набора, а первое суммарное изображение отличается от второго суммарного изображения.



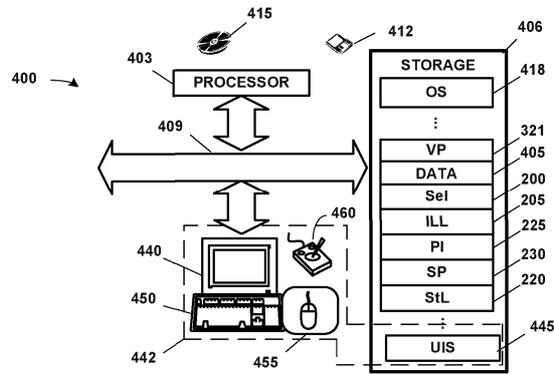
Фиг. 1



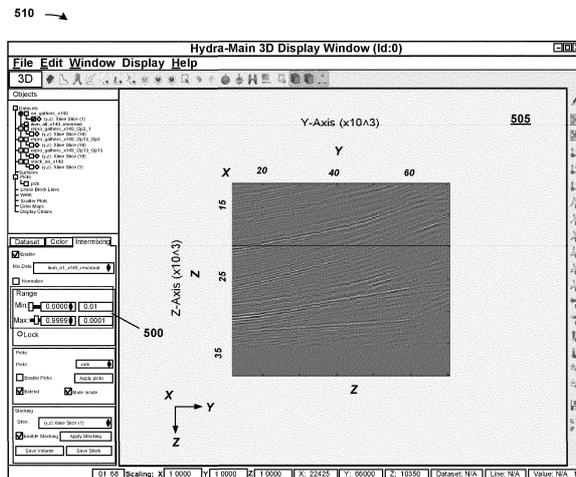
Фиг. 2



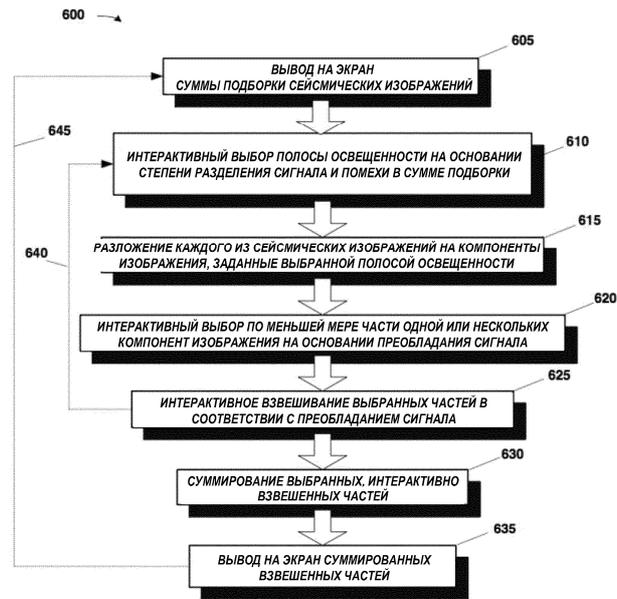
Фиг. 3



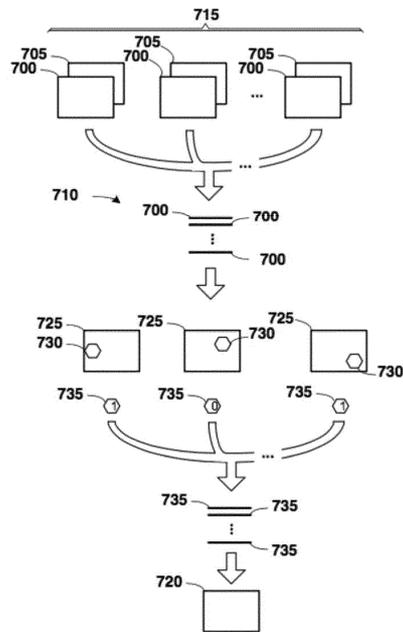
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

