

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202090496 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2020.06.29

(51) Int. Cl. G01V 1/38 (2006.01)  
G01V 1/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2018.08.16

(54) СПОСОБЫ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАБОТКИ  
ВЫБОРОЧНОЙ ДЛИНЫ

(31) 62/546,257; 62/546,181; 16/055,856;  
16/055,943

(72) Изобретатель:  
Тенгамн Стиг Руне Леннарт, Бейтц  
Мануэль, Странд Кристиан (US)

(32) 2017.08.16; 2017.08.16; 2018.08.06;  
2018.08.06

(74) Представитель:  
Хмара М.В., Липатова И.И.,  
Новоселова С.В., Осипов К.В.,  
Пантелеев А.С. (RU)

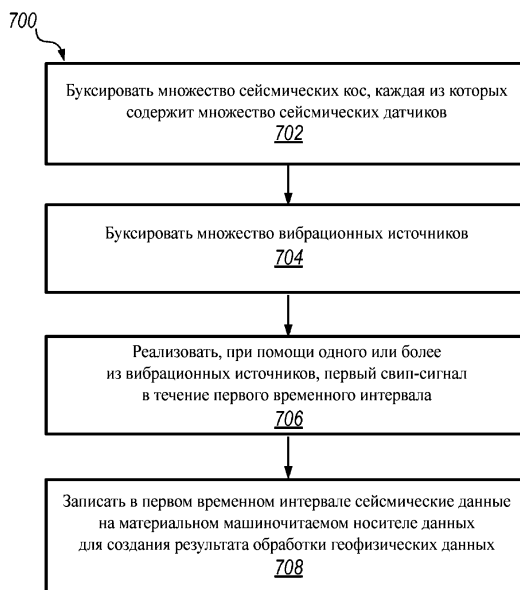
(33) US

(86) PCT/EP2018/072214

(87) WO 2019/034731 2019.02.21

(71) Заявитель:  
ПГС ГЕОФИЗИКАЛ АС (NO)

(57) Раскрыты способы, относящиеся к геофизической разведке. В различных вариантах осуществления морское исследовательское судно буксирует множество сейсмических кос, каждая из которых содержит множество сейсмических датчиков. Кроме того, исследовательское судно может буксировать множество вибрационных источников. В различных вариантах осуществления первый свип-сигнал может быть реализован при помощи одного или более из множества вибрационных источников в течение первого временного интервала. Кроме того, в различных вариантах осуществления раскрытые способы могут включать в себя запись в течение первого временного интервала при помощи множества сейсмических датчиков, сейсмических данных на материальный машиночитаемый носитель данных, тем самым создавая результат обработки геофизических данных.



A1

202090496

202090496

A1

## СПОСОБЫ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАБОТКИ ВЫБОРОЧНОЙ ДЛИНЫ

Настоящая заявка на патент испрашивает приоритет по предварительной  
5 заявке на патент США № 62/546,257, поданной 16 августа 2017 г.,  
предварительной заявке на патент США № 62/546,181, поданной 16 августа 2017  
г., обычной заявке на патент США № 16/055,856, поданной 6 августа 2018 г., и  
обычной заявке на патент США № 16/055,943, поданной 6 августа 2018 г.,  
содержание каждой из которых включено в настоящий документ посредством  
10 ссылки, как если бы было полностью изложено в настоящем документе.

### Уровень техники

Геофизические исследования часто применяют для нефтегазопроисковой  
разведки в геологических формациях, которые могут находиться ниже морской  
15 среды. Сейсмические геофизические исследования, например, основаны на  
использовании акустических волн. При сейсморазведочных работах  
исследовательское судно может буксировать один или более источников  
сигналов (например, пневмопушку или морской вибратор) и множество  
сейсмоприемных кос, вдоль которых расположено некоторое количество  
20 акустических датчиков (например, гидрофонов и/или геофонов). Акустические  
волны, генерируемые источником, могут затем передаваться через земную кору,  
отражаться после этого обратно и регистрироваться геофизическими датчиками.  
Данные, собранные во время морской геофизической разведки, можно затем  
анализировать для установления местоположения углеводородосодержащих  
25 геологических формаций и, таким образом, определения мест, где могут  
находиться залежи нефти и природного газа.

Типичная цель морских геофизических съемок заключается в получении  
геофизических данных, соответствующих различным частям геологических  
формаций. Например, может оказаться желательным получить геофизические  
30 данные, соответствующие малоглубинным, промежуточным и глубинным частям  
геологической формации. Геологические формации могут, однако, оказывать  
создающий затухание эффект на акустические волны, генерируемые  
источниками сигналов, применяемыми при геофизической разведке. Таким  
образом, при некоторых геофизических разведках могут применяться источники  
35 сигналов для генерации высокоамплитудных акустических волн с целью  
получения изображения глубинных частей геологической формации. Такой  
подход, однако, может потребовать большего количества источников сигналов,

что повышает стоимость геофизической разведки, а также оказывает потенциально негативное воздействие на окружающую среду. Поэтому желательно получать геофизические данные, соответствующие различным частям геологической формации, при одновременном уменьшении стоимости и  
5 воздействия на окружающую среду, связанных с геофизической разведкой.

#### Краткое описание чертежей

На Фиг. 1 представлена структурная схема, иллюстрирующая пример системы геофизической разведки в соответствии с некоторыми вариантами  
10 осуществления.

На Фиг. 2А представлена диаграмма, иллюстрирующая пример свип-сигнала в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

На Фиг. 2В–2С представлены примеры графиков автокоррелированных данных в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

15 На Фиг. 3 представлен график примера сейсмического сигнала в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

На Фиг. 4А–4В представлены графики примеров сейсмических сигналов в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

20 На Фиг. 4С представлена диаграмма, иллюстрирующая примеры свип-сигналов в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

На Фиг. 5 представлена диаграмма, иллюстрирующая примеры свип-сигналов в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

25 На Фиг. 6 представлена структурная схема, иллюстрирующая часть системы геофизической разведки в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

На Фиг. 7–8 представлены блок-схемы, иллюстрирующие примеры способов получения результата обработки геофизических данных в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

30 На Фиг. 9–10 представлены блок-схемы, иллюстрирующие примеры способов генерации данных сейсмических изображений в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

На Фиг. 11А–11D представлены примеры сейсмических изображений в соответствии с одним вариантом осуществления.

35 На Фиг. 12 представлена структурная схема, иллюстрирующая пример вычислительной системы в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

Настоящее описание изобретения включает в себя ссылки на «один вариант осуществления», «конкретный вариант осуществления», «некоторые варианты осуществления», «различные варианты осуществления», «вариант осуществления» и т. п. Появление этих фраз необязательно относится к одному и  
5 тому же варианту осуществления. Конкретные признаки, структуры или характеристики могут сочетаться любым подходящим способом, соответствующим настоящему изобретению.

В рамках настоящего описания различные объекты (которые могут по-разному называться «блоками», «цепями», другими компонентами и т. д.) могут  
10 быть описаны или заявлены в качестве «выполненных с возможностью» реализации одной или более задач или операций. Эта формулировка — [объект], выполненный с возможностью [реализации одной или более задач] — используется в настоящем документе для ссылки на структуру (т.е. что-либо физическое, например, электронную схему). Более конкретно, эта формулировка  
15 используется для указания на то, что данная структура предусмотрена для реализации одной или более задач во время эксплуатации. О структуре можно сказать, что она «выполнена с возможностью» реализации какой-либо задачи, даже если структура в настоящий момент не эксплуатируется. «Управляющее оборудование, выполненное с возможностью приведения в действие  
20 вибрационного источника сигнала» охватывает, например, оборудование, содержащее электрическую схему, которая выполняет эту функцию во время эксплуатации, даже если рассматриваемая электрическая схема в настоящий момент не используется (например, к ней не подключен источник питания). Таким образом, объект, описываемый или называемый «выполненным с  
25 возможностью» реализации той или иной задачи, относится к какой-либо физической структуре, такой как устройство, схема, память, в которой хранятся программные инструкции, выполняемые для реализации данной задачи и т. д. Эта фраза не используется в настоящем документе для обозначения чего-либо нематериального.

30 Термин «выполненный с возможностью» не означает «настраиваемый для». Незапрограммированная ПЛИС, например, не рассматривалась бы в качестве «выполненной с возможностью» реализации какой-либо конкретной функции, хотя она может быть «настраиваемой для» выполнения этой функции после программирования.

35 Описание в приложенной формуле изобретения того, что та или иная структура «выполнена с возможностью» реализации одной или более задач, специально предназначено для того, чтобы не ссылаться на раздел 35 Свода

законов США, § 112(f) в отношении этого элемента формулы изобретения. Соответственно, ни один из пунктов формулы изобретения в этой представленной заявке не предназначен для интерпретации в качестве имеющего элементы «средство плюс функция». Если в ходе рассмотрения  
5 заявитель пожелает сослаться на раздел 112(f), ему следует перечислять элементы формулы с использованием конструкции «средства для» [выполнения функции].

Следует понимать, что настоящее описание изобретения не ограничено конкретными устройствами или способами, которые могут, конечно, отличаться.

10 Следует также понимать, что термины, используемые в настоящей заявке, служат только для целей описания конкретных вариантов осуществления и не имеют ограничительного характера. В контексте настоящего документа формы единственного числа включают в себя ссылки на объекты в единственном и множественном числе, если контекстом четко не обусловлено иное. Кроме того,  
15 слово «может» используется в тексте настоящей заявки в разрешительном (т. е. «имеющий потенциал», «способный к чему-либо»), а не в повелительном смысле (т. е. «обязанный»). Термины «включающий в себя», «содержащий» и производные от них означают «включающий в себя, без ограничений». Термин «присоединенный» означает присоединенный прямым или непрямым способом.

20 Если контекст не требует иного, термин «на основе» используют для описания одного или более факторов, влияющих на определение. Этот термин не предрешает возможность того, что на определение могут воздействовать дополнительные факторы. Иными словами, определение может быть основано исключительно на точно указанных факторах или на точно указанных, а также  
25 других, непредусмотренных факторах. Рассмотрим фразу «определить А на основе В». Эта фраза указывает, что В представляет собой фактор, используемый для определения А или влияющий на определение А. Эта фраза не предрешает того, что определение А может также быть основано на каком-либо другом факторе, таком как С. Эта фраза также предназначена для того,  
30 чтобы охватывать вариант осуществления, в котором А определяют исключительно на основе В. Если контекст не требует иного, фраза «на основе» синонимична фразе «на основе, по меньшей мере частично».

В контексте данного документа фраза «в ответ на» или «вследствие» описывает один или более факторов, вызывающих тот или иной эффект. Эта  
35 фраза не предрешает возможность того, что дополнительные факторы могут воздействовать или иным образом вызывать этот эффект. Иными словами, эффект может возникать исключительно в ответ на эти факторы, или в ответ на

указанные, а также другие, непредусмотренные факторы. Рассмотрим фразу «выполнить А в ответ на В». Эта фраза указывает, что В представляет собой фактор, инициирующий выполнение А. Эта фраза не предрешает того, что выполнение А может также происходить в ответ на какой-либо другой фактор, такой как С. Эта фраза также предназначена для того, чтобы охватывать вариант осуществления, в котором А выполняют исключительно в ответ на В.

В контексте данного документа термины «первый», «второй» и т. д. применяются в качестве меток для существительных, которым они предшествуют, и не предполагают какой-либо тип упорядочения (например, пространственного, временного, логического и т. д.), если не оговорено противное. Например, во фразе «построение изображения нескольких местоположений геологической формации с использованием корреляции первой части первого свип-сигнала с сейсмическими данными» термин «первая часть» может применяться, чтобы сослаться на какую-либо часть первого свип-сигнала, а не, например, просто на первую во времени часть свип-сигнала.

При использовании в формуле изобретения термин «или» применяется в качестве «включающего или», а не в качестве «исключающего или». Например, фраза «по меньшей мере один из x, y или z» означает любой из x, y и z, а также любую их комбинацию (например, x, и y, но не z).

### Осуществление изобретения

#### Пример системы разведки

На Фиг. 1 показана структурная схема, иллюстрирующая пример варианта осуществления системы 100 геофизической разведки. В различных вариантах осуществления система 100 разведки может быть выполнена с возможностью сбора геофизических данных, соответствующих геологическим структурам, расположенным ниже водоема 11. В изображенном варианте осуществления система 100 включает в себя исследовательское судно 10, источники 37 сигналов, параваны 14 и сейсмические косы 20.

В различных вариантах осуществления исследовательское судно 10 может быть выполнено с возможностью перемещения по поверхности водоема 11, такого как озеро или океан. В системе 100 геофизической разведки исследовательское судно 10 буксирует сейсмические косы 20, источники 37 сигналов и параваны 14. В других вариантах осуществления по меньшей мере часть сейсмических кос 20 может буксироваться вторым исследовательским судном (не показано), вместо или в дополнение к исследовательскому судну 10. Аналогичным образом, в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере

часть источников 37 сигналов может буксироваться одним или более дополнительными исследовательскими судами (не показаны), вместо или в дополнение к исследовательскому судну 10.

Исследовательское судно 10 может содержать оборудование, обозначенное в целом позицией 12 и, для удобства, совместно называемое «управляющим оборудованием». Управляющее оборудование 12 может включать в себя устройства, такие как блок записи данных (не показанный отдельно) для создания записи применительно к времени сигналов, генерируемых различными геофизическими датчиками в системе 100. Следует отметить, что в различных вариантах осуществления управляющее оборудование 12 может быть выполнено с возможностью записи отраженных сейсмических сигналов непрерывным или прерывистым способом (например, путем записи последовательности сегментов в полевых условиях вместо непрерывной записи), или с помощью комбинации двух способов. Управляющее оборудование 12 может также включать в себя навигационное оборудование (не показанное отдельно), которое может быть выполнено с возможностью управления, определения и записи в выбранные моменты времени геодезических координат: исследовательского судна 10, каждого из множества геофизических датчиков 22, находящихся в отдельных положениях на сейсмических косах 20 и/или источников 37 сигналов. Геодезические координаты могут быть определены при помощи различных устройств, включая глобальные навигационные спутниковые системы, такие как система глобального позиционирования (GPS), например. В изображенном варианте осуществления исследовательское судно 10 включает в себя устройство 12А геодезического позиционирования. Дополнительные устройства позиционирования могут быть помещены в различных положениях на сейсмических косах 20 в некоторых вариантах осуществления. В некоторых вариантах осуществления управляющее оборудование 12 выполнено с возможностью управления источниками 37, например, управления моментами времени активации источников 37, расположением источников 37, способом приведения в действие источников 37 и т. д.

В системе 100 геофизической разведки исследовательское судно 10 показано буксирующим три источника 37А-37С сигналов (совместно называемых «источниками 37» или «источниками 37 сигналов»). Однако в различных вариантах осуществления исследовательское судно 10 может буксировать любое подходящее количество источников сигналов, от нуля (например, когда источники буксируются другим судном) вплоть до шести или более. Место расположения

источников 37 сигналов может быть выровнено по центру позади исследовательского судна 10 или смещено относительно осевой линии, и может находиться на различных расстояниях от исследовательского судна 10, включая источники, прикрепленные к корпусу судна.

5 В различных вариантах осуществления один или более источников 37 сигналов могут представлять собой вибрационные источники сигналов, выполненные с возможностью приведения в действие в соответствии с той или иной функцией или цифровым кодом. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления система 100 разведки может включать в себя как низкочастотные  
10 вибрационные источники сигналов, выполненные с возможностью генерации сейсмических сигналов в более низкочастотном диапазоне (например, 5-30 Гц), так и высокочастотные вибрационные источники сигналов, выполненные с возможностью генерации сейсмических сигналов в более высокочастотном диапазоне (например, 25-100 Гц). Отметим, однако, что этот вариант  
15 осуществления приведен просто в качестве примера. В различных вариантах осуществления может применяться любое подходящее количество типов источника 37 сигналов, каждый из которых использует любой подходящий частотный диапазон. В некоторых вариантах осуществления, например, источники 37 сигналов могут включать в себя низкочастотные источники  
20 сигналов, выполненные с возможностью генерации сейсмических сигналов в низкочастотном диапазоне (например, 5-25 Гц), среднечастотные источники сигналов, выполненные с возможностью генерации сейсмических сигналов в среднечастотном диапазоне (например, 25-60 Гц), и высокочастотные источники сигналов, выполненные с возможностью генерации сейсмических сигналов в  
25 высокочастотном диапазоне (например, 60-100 Гц). В различных вариантах осуществления каждый источник 37 сигналов может включать в себя группу (например, связку) из нескольких источников сигналов. В других вариантах осуществления все источники в данной разведке могут работать в одном и том же частотном спектре.

30 Как будет подробнее рассмотрено ниже, один или более источников 37 сигналов могут использоваться для реализации свип-сигнала во время геофизической разведки. В контексте настоящего документа термин «свип» («свип-сигнал») применяется в соответствии с его обычным значением в данной области техники, включающим в себя отношение к приведению в действие  
35 источника 37 сигналов для генерации сейсмического сигнала. В различных вариантах осуществления сейсмический сигнал, генерируемый источником 37 сигналов при реализации свип-сигнала, может включать в себя группу частот,



например, группу частот в пределах данного частотного диапазона. Отметим, однако, что термин «свип-сигнал», используемый в настоящем документе, необязательно предполагает порядок, в котором частотные составляющие, сейсмического сигнала генерируются в данном свип-сигнале. Например, этот  
5 термин не подразумевает, что частота сигнала изменяется линейно с течением времени. Как подробнее объясняется ниже со ссылкой на Фиг. 3 и 4, реализация свип-сигнала может включать в себя приведение в действие одного или более источников 37 сигналов, таких как одного или более вибрационных источников, на основе цифрового кода (например, одного или более кодов Голда и т. д.) или  
10 функции (например, линейно или нелинейно изменяющейся функции и т. д.). Иначе говоря, термин «свип-сигнал», используемый в настоящем документе, может включать в себя линейные свип-сигналы, нелинейные свип-сигналы, случайные свип-сигналы и свип-сигналы, реализуемые путем приведения в действие вибрационного источника на основе цифрового кода.

15 Геофизические датчики 22 на сейсмических косах 20 могут представлять собой любой из подходящих типов геофизического датчика. Примеры включают в себя гидрофоны и/или геофоны в некоторых вариантах осуществления. Неограничивающие примеры таких геофизических датчиков могут включать в себя сейсмические датчики, реагирующие на движение частиц, такие как  
20 геофоны и акселерометры, сейсмические датчики, реагирующие на давление, такие как гидрофоны, сейсмические датчики, реагирующие на градиент давления-времени, электроды, магнитометры, датчики температуры или любую подходящую комбинацию вышеперечисленного. В различных вариантах реализации настоящего изобретения геофизические датчики 22 могут измерять,  
25 например, энергию поля сейсмических волн, указывающую на отклик различных структур в формации геологической среды ниже дна водоема 11 на волны, направляемые в формацию геологической среды одним или более источниками 37 сигналов. Сейсмические волны, например, могут исходить из источников 37 сигналов, развернутых в водоеме 11 и буксируемых исследовательским судном  
30 10. В некоторых вариантах осуществления сейсмические косы 20 включают в себя хвостовые буи 25.

В некоторых вариантах осуществления сейсмические косы 20 могут включать в себя устройства управления, такие как регуляторы глубины погружения («птички», от англ. birds) 29, выполненные с возможностью  
35 удержания сейсмических кос 20 в требуемом положении (например, при заданной глубине и/или поперечном смещении). Аналогичным образом, устройства управления могут использоваться, чтобы способствовать позиционированию

источников 37. В некоторых вариантах осуществления исследовательское судно 10 может быть выполнено с возможностью буксирования сейсмических кос 20 с использованием различных геометрических характеристик, таких как разные углы сноса, профили по глубине и т. д. В некоторых вариантах осуществления сейсмические косы 20 могут включать в себя несколько устройств геодезического позиционирования (не показаны).

В системе 100 геофизической разведки, показанной на Фиг. 1, исследовательское судно 10 буксирует четыре сейсмических косы 20. Однако в различных вариантах осуществления исследовательское судно 10 может буксировать любое подходящее количество сейсмических кос, от нуля (например, когда сейсмические косы буксируются другим судном) вплоть до 26 или более. В различных вариантах осуществления сейсмические косы 20 могут включать в себя любые из различных подходящих модулей в дополнение к геофизическим датчикам 22. В системах геофизической разведки, такой как показана на Фиг. 1, включающей в себя множество разнесенных в поперечном направлении сейсмических кос, сейсмические косы 20, как правило, присоединены к буксировочному оборудованию, которое закрепляет передний конец каждой из сейсмических кос 20 в выбранном поперечном положении по отношению к смежным сейсмическим косам и к исследовательскому судну 10. Например, как показано на Фиг. 1, буксировочное оборудование может включать в себя два паравана 14, присоединенных к исследовательскому судну 10 при помощи буксирных тросов 8 для параванов. В изображенном варианте осуществления параваны 14 являются крайними снаружи компонентами в зоне разнесения сейсмических кос и могут применяться для обеспечения поперечного расстояния между сейсмическими косами. В некоторых вариантах осуществления исследовательское судно 10 может быть выполнено с возможностью буксирования различных сейсмических кос 20 при различных глубинах и/или поперечных смещениях от осевой линии исследовательского судна 10.

Управляющее оборудование 12 в одном варианте осуществления включает в себя вычислительную систему (иллюстративный вариант осуществления которой рассматривается ниже со ссылкой на Фиг. 12), выполненную с возможностью, помимо прочего, обработки выходных сигналов геофизических датчиков 22. В других вариантах осуществления вычислительная система в другом месте расположения может обрабатывать геофизические данные, собранные системой 100 геофизической разведки (например, на суше после проведения разведки). Вычислительная система может включать в себя или быть выполнена с возможностью доступа к долговременному носителю

данных, содержащему хранящиеся на нем инструкции, выполняемые при осуществлении различных операций, раскрытых в настоящем документе, для проведения разведки или обработки выходных сигналов датчиков, генерируемых во время разведки. Вычислительная система может включать в себя один или более процессоров, выполненных с возможностью исполнения программных инструкций, вызывающих реализацию системой различных функций, раскрытых в настоящем документе. Кроме того, в различных вариантах осуществления управляющее оборудование 12 может включать в себя долговременный машиночитаемый носитель данных, который может применяться для получения результата обработки геофизических данных. В некоторых вариантах осуществления различные элементы информации, относящиеся к геофизической разведке (например, исходные данные, собранные датчиками, или результаты обработки, полученные на их основе), могут быть воплощены в «результате обработки геофизических данных». Результат обработки геофизических данных может включать в себя машиночитаемый долговременный носитель данных, содержащий геофизические данные, хранящиеся на носителе данных, включая, например, исходные данные сейсмических кос, обработанные данные сейсмических кос, двух- или трехмерные изображения на основе данных сейсмических кос, или другие подходящие представления. Некоторые неограничивающие примеры машиночитаемых носителей данных включают в себя катушки с магнитной лентой, жесткие диски, CD, DVD, флэш-память, оптические носители, голографические носители и т.д., хотя для создания результата обработки геофизических данных может применяться любой материальный машиночитаемый носитель данных. В некоторых вариантах осуществления исходные аналоговые данные с сейсмических кос могут храниться в результате обработки геофизических данных. В других случаях данные могут сначала быть оцифрованы и/или предварительно обработаны перед сохранением в результате обработки геофизических данных. В других случаях данные могут быть полностью преобразованы в двух- или трехмерное изображение различных геологических формаций, или другое подходящее представление перед сохранением в результате обработки геофизических данных. Результат обработки геофизических данных может быть получен в ходе разведки (например, при помощи оборудования, расположенного на судне), а затем, в некоторых случаях, передан в другое местоположение для геофизического анализа, хотя анализ результата обработки геофизических данных может происходить одновременно со сбором данных разведки. В других

случаях результат обработки геофизических данных может быть получен после завершения разведки, например, в ходе анализа разведки.

В различных вариантах осуществления может оказаться желательным получить геофизические данные, соответствующие различным (например, 5 малоглубинным, промежуточным, глубинным и т. д.) частям геологической формации, расположенной ниже водоема 11. Получение таких данных, однако, может создавать различные проблемы в зависимости от глубины, для которой получают геофизические данные. Например, как отмечалось выше, геологические формации могут оказывать создающий затухание эффект на 10 акустические волны, генерируемые источниками 37 сигналов, особенно при высоких частотах. Чтобы обеспечить коррекцию этого создающего затухание эффекта, некоторые системы разведки выполнены с возможностью использования источников сигналов для получения предельно высокой энергии, достаточной для эффективного построения изображения глубинных частей 15 геологической формации. Такой подход, однако, может иметь нежелательные последствия. Например, при таких разведках могут неэффективно использоваться волны, создаваемые источниками сигналов, требуя большего количества источников сигналов и, тем самым, увеличивая стоимость разведки. Кроме того, использование избыточной энергии сейсмических волн во время 20 геофизической съемки может оказывать нежелательное воздействие на окружающую среду.

Следует отметить, что в различных вариантах осуществления системы 100 длительность свип-сигнала, создаваемого одним или более источниками 37 сигналов, может соответствовать плотности пространственной дискретизации 25 результирующих данных во время построения геофизических изображений. Например, при реализации свип-сигнала источники 37 сигналов буксируются через водоем 11. Соответственно, в различных вариантах осуществления, относительно большие длительности свип-сигнала могут приводить к получению сейсмических сигналов на сейсмических косах 20 с большими расстояниями между активациями источников 37 сигналов, которые, в свою очередь, могут соответствовать меньшему пространственному разрешению (например, 30 большему размеру бина). И наоборот, в различных вариантах осуществления относительно меньшие длительности свип-сигнала могут приводить к получению сейсмических сигналов на сейсмических косах 20 с пиками (например, в 35 результате автокорреляции принятых сейсмических сигналов), соответствующих меньшим расстояниям между активациями источников 37 сигналов, которые, в

свою очередь, могут соответствовать более высокому пространственному разрешению (например, меньшему размеру бина).

Кроме того, что в различных вариантах осуществления системы 100 длительность свип-сигнала, создаваемого одним или более источниками 37 5 сигналов, может соответствовать количеству энергии, восстановленной на основе результирующих данных во время построения геофизических изображений. Таким образом, чем больше длительность свип-сигнала, тем больше энергия, которая может быть восстановлена по полученным сейсмическим сигналам в некоторых вариантах осуществления. Например, 10 отраженные сейсмические сигналы, принимаемые сейсмическими косами 20 на основе относительно длительного свип-сигнала (например, 40 секунд), могут применяться для генерации данных (например, при помощи автокорреляции) при более высоком отношении сигнал-помеха, чем данные, генерируемые на основе более короткого свип-сигнала. Однако, как раскрыто выше, поскольку свип- 15 сигналы реализуют при перемещении исследовательского судна 10 и источников 37 сигналов по водоему 11, сейсмические сигналы, принимаемые сейсмическими косами 20 на основе относительно длительного свип-сигнала, могут включать в себя бóльшие расстояния между активациями источника 37 сигналов. Таким образом, в различных вариантах осуществления относительно длительные свип- 20 сигналы могут использоваться для получения данных с высоким отношением сигнал-помеха, но за счет плотности пространственной дискретизации. Кроме того, отраженные сейсмические сигналы, принимаемые сейсмическими косами 20 на основе относительно короткого свип-сигнала (например, 10 секунд), могут использоваться для генерации данных (например, при помощи автокорреляции) 25 при более низком отношении сигнал-помеха, но более высоком пространственном разрешении. Как будет понятно специалисту в данной области техники, воспользовавшемуся раскрытым здесь изобретением, данные, соответствующие свип-сигналу или части свип-сигнала, могут применяться для генерации данных (визуализации) изображений, соответствующих геологической 30 формации. В некоторых вариантах осуществления генерация данных изображений может включать в себя выполнение автокорреляции, помимо прочих операций. Автокорреляция представляет собой хорошо известный процесс измерения корреляции сигнала с его версией с задержкой во времени в качестве функции задержки. В контексте разведки автокорреляция может 35 выполняться для определения задержки между передачей сигнала, используемого для модулирования одного или более источников, и отраженным сигналом, принимаемым одним или более датчиками.

При получении геофизических данных, соответствующих относительно малоглубинным частям геофизического объекта, затухание сейсмических сигналов под воздействием визуализируемых геофизических структур может оказывать меньшее негативное воздействие на данные, принимаемые сейсмическими косами 20. Соответственно, построение изображения относительно малоглубинных геофизических структур при помощи более высокоэнергетических сейсмических сигналов может оказаться неэффективным и необязательным. Вместо этого, при построении изображения малоглубинных частей геологической формации может быть более желательным получить данные с высоким пространственным разрешением, уделяя меньше внимания отношению сигнал-помеха восстановленных данных. В различных вариантах осуществления данные с высоким пространственным разрешением могут быть получены путем использования источников 37 сигналов для реализации коротких свип-сигналов (например, 5-10 секунд) с короткими расстояниями между ПВ (пунктами взрыва). Результирующие отраженные сейсмические сигналы, принимаемые сейсмическими косами 20, могут применяться (например, при помощи автокорреляции) для генерации геофизических данных, соответствующих относительно малоглубинным частям геологической формации, с высоким пространственным разрешением.

Однако при получении геофизических данных, соответствующих относительно глубинным частям геофизического объекта, затухание сейсмических сигналов под воздействием визуализируемого геологического строения может быть более выраженным, особенно при более высоких частотах сейсмических сигналов. Соответственно, при построении изображения относительно глубинных частей геологической формации, может быть желательным получать данные с высоким отношением сигнал-помеха, например, для получения точных данных, соответствующим глубинным геофизическим объектам. В различных вариантах осуществления данные с высоким отношением сигнал-помеха могут быть получены путем использования источников 37 сигналов для реализации более длинных свип-сигналов (например, 30-40 секунд) с более длинными расстояниями между ПВ. Результирующие отраженные сейсмические сигналы, принимаемые сейсмическими косами 20, могут применяться (например, при помощи автокорреляции) для генерации геофизических данных, соответствующих более глубинным частям геологической формации, с относительно высоким отношением сигнал-помеха.

Применение различных длительностей свип-сигнала и/или мощности сигнала усложнить разведку, привести к использованию дополнительной

мощности, потребовать существенного количества источников сигналов и т. д. Для решения этих или других технических проблем, различные варианты осуществления включают в себя непрерывное приведение в действие одного или более источников 37 сигналов посредством нескольких свип-сигналов, чтобы  
5 обеспечить возможность использования различных частей временных интервалов свип-сигналов для построения изображения различных местоположений в геологической формации. Следует отметить, что в различных вариантах осуществления «непрерывная» работа источника 37 сигнала, например, путем приведения в действие источника 37 сигнала в соответствии с  
10 функцией (например, линейной функцией) или цифровым кодом (например, кодом Голда) для непрерывной реализации нескольких свип-сигналов, может означать, что последующий свип-сигнал начинается по завершении текущего свип-сигнала. Иными словами, непрерывная работа источника 37 сигналов может включать в себя начало свип-сигнала или суб-свип-сигнала немедленно или  
15 после относительно короткой задержки вслед за предшествующим свип-сигналом для этого источника 37 сигналов, таким образом, чтобы источник 37 работал в течение, например, 80%, 90%, 95% или более соответствующего временного интервала.

В различных вариантах осуществления управляющее оборудование 12  
20 может быть выполнено с возможностью непрерывного приведения в действие одного или более источников 37 сигналов для реализации свип-сигналов с различными частями (участками) в течение данного временного интервала. Иными словами, управляющее оборудование 12 может быть выполнено с возможностью начинать свип- или суб-свип-сигнал при помощи одного или более  
25 источников 37 сигналов сразу же по завершении предшествующего свип- или суб-свип-сигнала в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Кроме того, управляющее оборудование 12 может быть выполнено с возможностью записи, при помощи различных датчиков 22, отраженных сейсмических сигналов, принятых различными датчиками 22 в течение данного интервала времени.  
30 Таким образом, различные варианты осуществления раскрытых систем выполнены с возможностью непрерывной реализации свип-сигналов и непрерывной записи результирующих данных в течение данного периода времени. Раскрытые управляющее оборудование 12 и источники 37 сигналов, а также их соответствующие структурные эквиваленты могут называться  
35 средствами непрерывной реализации одного или более свип-сигналов в течение данного интервала времени.

Раскрытые системы и способы могут обеспечивать различные улучшения для сбора геофизических данных в соответствии с различными частями геофизических формаций. Например, в различных вариантах осуществления отраженные сейсмические сигналы, принимаемые сейсмическими косами 20, на основе одного или более источников 37 сигналов, непрерывно реализующих один или более свип-сигналов, могут быть полезными при построении изображений различных частей геологических формаций, расположенных ниже водоема 11. Иными словами, в некоторых вариантах осуществления раскрытые системы и способы обеспечивают возможность избирательного объединения или 5 разделения данных, соответствующих различным частям одного или более свип-сигналов, при генерации данных изображений. Например, при построении изображения глубинного участка геофизической структуры данные, соответствующие длинной части (например, 40 секунд) свип-сигнала могут быть выбраны и использованы для генерации данных изображения с относительно 10 высоким отношением сигнал-помеха. При построении изображения промежуточной-глубинной части геофизической структуры, данные, соответствующие более короткой части свип-сигнала (например, 20-30 секунд), могут быть выбраны и использованы для генерации данных изображения как с достаточно высоким пространственным разрешением, так и отношением сигнал-помеха. Кроме того, при построении изображения глубинной части геофизической 20 структуры данные, соответствующие короткому свип-сигналу (например, 10 секунд) или части свип-сигнала (например, 5 секунд), могут быть выбраны и использованы для генерации данных изображения с более низким отношением сигнал-помеха, но с более высоким пространственным разрешением.

Следует отметить, что хотя были описаны три длительности свип-сигнала, соответствующие трем относительным глубинам геологической формации, этот вариант осуществления приведен просто в качестве примера и не ограничивает объем раскрытия настоящего изобретения. Напротив, среднему специалисту в данной области, воспользовавшемуся раскрытым здесь изобретением, будет 25 понятно, что данные, соответствующие более длинным или более коротким длительностям свип-сигнала, можно выбирать в зависимости, например, от глубины визуализируемой части геологической формации, условий разведки и т.д.

Кроме того, в различных вариантах осуществления раскрытые системы и способы непрерывной реализации свип-сигналов и непрерывной записи 35 результирующих данных могут обеспечить возможность более эффективного использования волн, создаваемых источниками 37 сигналов. Например, в



традиционных системах разведки может применяться большая группа источников, формирующих высокоэнергетические сейсмические сигналы. Хотя такие высокоэнергетические сигналы могут применяться для построения изображения более глубоких частей геофизической структуры, они могут быть  
5 чрезмерно высокими для построения изображений более малоглубинных частей геофизической структуры. Однако раскрытые системы и способы могут успешно повышать эффективность принятых сейсмических сигналов без увеличения количества или выходной мощности источников 37 сигналов, уменьшая количество источников 37 сигналов, применяемых во время сейсмической  
10 разведки. Это, в свою очередь, может уменьшать стоимость и воздействие на окружающую среду, связанные с выполнением сейсмической разведки.

Обратимся теперь к Фиг. 2А, на котором показана временная диаграмма, соответствующая примеру свип-сигнала 200, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Как показано на Фиг. 2А, свип-сигнал 200 включает в  
15 себя суб-свип-сигналы 200А и 200В. В различных вариантах осуществления свип-сигнал 200 может соответствовать свип-сигналу, реализуемому при помощи одного или более источников 37 сигналов на Фиг. 1. Иными словами, в некоторых вариантах осуществления один или более источников 37 сигналов могут реализовывать свип-сигнал 200 путем реализации суб-свип-сигнала 200А, за  
20 которым следует суб-свип-сигнал 200В. Например, в некоторых вариантах осуществления один или более источников 37 сигналов могут начинать реализацию суб-свип-сигнала 200В непосредственно или почти непосредственно после окончания суб-свип-сигнала 200А. В других вариантах осуществления один или более источников 37 сигналов могут начинать выполнение суб-свип-сигнала  
25 200В после заданного периода задержки вслед за окончанием суб-свип-сигнала 200А.

Как отмечалось выше, один или более источников 37 сигналов могут представлять собой вибрационные источники сигналов в соответствии с различными вариантами осуществления. Вибрационный источник 37 сигналов  
30 может работать, например, с использованием гидравлической или электрической мощности для приведения в действие возбуждающей пластины управляемым осцилляционным способом в соответствии с данной функцией или модулироваться с использованием одного или более цифровых кодов. В таких вариантах осуществления вибрационный источник 37 сигналов может  
35 применяться, чтобы проецировать точный сигнал в геологическую среду. Например, как будет подробнее рассмотрено ниже со ссылкой на Фиг. 3, один или более вибрационных источников 37 сигналов могут применяться для реализации

линейных или случайных свип-сигналов в соответствии с различными вариантами осуществления. В одном варианте осуществления, например, вибрационный источник 37 сигналов может реализовывать линейный свип-сигнал 200 от первой частоты (например, 5 Гц) до второй частоты (например, 80 Гц) на протяжении первого временного интервала (например, 20 секунд). В таком варианте осуществления суб-свип-сигнал 200А может соответствовать первой части свип-сигнала 200 (например, частотному диапазону 5-30 Гц), а суб-свип-сигнал 200В может соответствовать второй части свип-сигнала 200 (например, частотному диапазону 30-80 Гц).

10 Кроме того, как рассмотрено ниже со ссылкой на Фиг. 4А и 4В, один или более вибрационных источников 37 сигналов могут применяться для реализации свип-сигналов на основе одного или более цифровых кодов, таких как коды Голда,  $m$ -последовательности и т.д. в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Например, в одном варианте осуществления система 100 разведки может реализовывать свип-сигнал 200 для первого временного интервала (например, 20 секунд), где первый свип-сигнал включает в себя суб-свип-сигналы 200А-200В, соответствующие частям первого временного интервала. В таком варианте осуществления реализация свип-сигнала 200 может включать в себя реализацию суб-свип-сигнала 200А для первой части первого временного интервала (например, 10 секунд) путем активации вибрационного источника 37 сигнала на основе первого цифрового кода. Кроме того, в таком варианте осуществления реализация свип-сигнала 200 может включать в себя последующую реализацию суб-свип-сигнала 200В для второй части первого временного интервала (например, 10 секунд) путем активации вибрационного источника 37 сигнала на основе второго цифрового кода. Следует отметить, что в некоторых вариантах осуществления первый цифровой код и второй цифровой код могут быть некоррелированными до по меньшей мере порогового уровня. Например, в некоторых вариантах осуществления первый цифровой код может представлять собой первый код Голда, а второй цифровой код может представлять собой второй код Голда. В других вариантах осуществления один и тот же код Голда может применяться для обоих суб-свип-сигналов, но может быть некоррелированным с другими кодами Голда, применяемыми для непрерывного приведения в действие других источников. В различных вариантах осуществления сейсмические данные, записанные во время такой сейсмической разведки, могут включать в себя данные на основе обоих суб-свип-сигналов 200А и 200В.

Следует отметить, что хотя на Фиг. 2А показаны только два суб-сви́п-сигнала 200А-200В, этот вариант осуществления приведен просто в качестве примера и не ограничивает объем раскрытия настоящего изобретения. В других вариантах осуществления в данный сви́п-сигнал может быть включено любое

5 подходящее количество суб-сви́п-сигналов, как раскрыто со ссылкой на Фиг. 5.

В различных вариантах осуществления реализация сви́п-сигнала 200 (например, с использованием одного или более источников 37 сигналов) приводит к передаче соответствующих сейсмических сигналов в морское дно под водоемом 11, отражению от различных частей одной или более геофизических

10 структур и приему одним или более датчиками 22. Как отмечалось выше, принятые данные могут избирательно применяться для построения изображения различных частей геофизической структуры. Например, при построении изображения относительно малоглубинной части геофизической структуры данные, соответствующие суб-сви́п-сигналу 200А или 200В (или части суб-сви́п-

15 сигнала 200А или 200В), можно выбирать и применять для генерации (например, при помощи автокорреляции) данных изображения с высоким пространственным разрешением, как подробнее рассматривается со ссылкой на Фиг. 2В. Кроме того, при построении изображения более глубинной части геофизической структуры данные, соответствующие большему количеству суб-сви́п-сигналов или всему

20 сви́п-сигналу 200, можно выбирать и применять для генерации (например, при помощи автокорреляции) данных изображения с высоким отношением сигнал-помеха, как подробнее рассматривается со ссылкой на Фиг. 2С. Таким образом, реализация сви́п-сигнала 200 согласно настоящему описанию может способствовать избирательному построению изображения глубинных и

25 малоглубинных частей геологических формаций в соответствии с различными вариантами осуществления.

Обратимся теперь к Фиг. 2В и 2С, на которых показаны примеры графиков 210-230 автокоррелированных данных в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. В различных вариантах осуществления графики 210-230 могут

30 формироваться на основе сигналов, принятых сейсмическими косами 20 при реализации сви́п-сигнала 200 с использованием одного или более вибрационных источников 37. Более конкретно, на Фиг. 2В изображен пример графика 210 автокоррелированных данных, которые могут соответствовать сигналам, принятым одним или более датчиками 22 на основе суб-сви́п-сигнала 200А или

35 200В на Фиг. 2А, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Кроме того, на Фиг. 2С изображены примеры графиков 220 и 230 автокоррелированных данных. Как отмечалось выше, автокорреляция представляет собой хорошо

известный процесс измерения степени сходства между сигналом и задержанной версией сигнала в качестве функции задержки. На Фиг. 2В-2С оси x графиков 210-230 представлены в единицах задержки, тогда как оси y графиков 210-230 содержат единицы квадратов сигнала. Следует отметить, однако, что в других вариантах осуществления данные автокорреляции могут быть нормированы и представлены на осях у графиков 210-230 соответственно.

В изображенном варианте осуществления пример графика 220 соответствует сигналам, принятым одним или более датчиками 22 на основе всего свип-сигнала 220 (иными словами, суммы суб-свип-сигналов 200А и 200В), тогда как пример графика 230 соответствует сигналам, принятым одним или более датчиками 22 на основе свип-сигнала такой же длительности, как свип-сигнал 200 (не показан отдельно). Например, в одном варианте осуществления суб-свип-сигналы 200А и 200В могут быть реализованы путем приведения в действие вибрационного источника 37 сигналов в соответствии с первым и вторым кодом Голда, а пример графика 200 может соответствовать сигналам, принятым одним или более датчиками 22 на основе обоих суб-свип-сигналов 200А и 200В. Кроме того, в таком варианте осуществления другой свип-сигнал может быть реализован путем приведения в действие вибрационного источника 37 сигналов в соответствии с единственным кодом Голда, имеющим такую же длину, как первый и второй код Голда, взятые вместе, а пример графика 230 может соответствовать сигналам, принятым одним или более датчиками 22 на основе этого свип-сигнала.

Как показано на Фиг. 2В, график 210 может соответствовать данным, принятым одним или более датчиками 22 на основе суб-свип-сигнала 200А, реализованного источником 37 сигналов в некоторых вариантах осуществления. В таких вариантах осуществления график 210 может формироваться с использованием корреляции (например, автокорреляции) функции (например, линейной функции, цифрового кода и т. д.), применяемой для приведения в действие источника 37 сигналов при реализации суб-свип-сигнала 200А, с сейсмическими данными, принятыми одним или более датчиками 22. Как будет понятно специалисту в данной области техники, воспользовавшемуся раскрытым здесь изобретением, автокоррелированные данные, такие как изображены на графиках 210-230, могут быть полезными при определении визуализирующей информации, связанной с геологическими структурами, расположенными ниже водоема 11. Например, как показано на Фиг. 2В, график 210 включает в себя пик 212 корреляции, который может указывать на расстояние, пройденное отраженными сейсмическими сигналами, принятыми одним или более датчиками

22. Как отмечалось выше, данные, соответствующие суб-свип-сигналу 200А, могут избирательно применяться для генерации данных изображения с высоким пространственным разрешением, соответствующих относительно малоглубинной части геофизической структуры.

5           Для сравнения рассмотрим график 220 на Фиг. 2С, который соответствует данным, принятым одним или более датчиками 22 на основе всего свип-сигнала 200, реализованного источником 37 сигналов в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. В таких вариантах осуществления график 220 может формироваться с использованием корреляции (например, автокорреляции) функции (функций) (например, линейных функций, цифровых кодов и т. д.), применяемой для приведения в действие источника 37 сигналов при реализации свип-сигнала 200, с сейсмическими данными, принятыми одним или более датчиками 22. Как отмечалось выше, свип-сигнал 200 может соответствовать сумме суб-свип-сигналов 200А и 200В. В таких вариантах осуществления график 10 220 может формироваться с использованием корреляции функции (функций), применяемой для приведения в действие источника 37 сигналов при реализации суб-свип-сигналов 200А и 200В, с сейсмическими данными, принятыми одним или более датчиками 22.

          Данные, соответствующие всему свип-сигналу 200, могут избирательно применяться для генерации данных изображения с высоким отношением сигнал-помеха, соответствующих относительно глубинной части геофизической структуры. Например, в изображенном варианте осуществления отношение сигнал-помеха на графике 220 (изображающем автокоррелированные данные, соответствующие свип-сигналу 200) составляет приблизительно 20:1. Отношение 20 сигнал-помеха на графике 210 (изображающем автокоррелированные данные, соответствующие суб-свип-сигналу 200А), для сравнения, составляет приблизительно 10:1. Таким образом, в изображенном варианте осуществления отношение сигнал-помеха на графике 220 приблизительно вдвое превышает отношение сигнал-помеха на графике 210.

30           Следует отметить, что изображенный вариант осуществления показан просто в качестве примера и не ограничивает объем раскрытия настоящего изобретения. Отношение сигнал-помеха коррелированных данных может изменяться в зависимости от различных факторов, включая, например, длительность свип-сигнала, применяемого для генерации сейсмических 35 сигналов, энергии, используемой источником 37 сигналов при генерации сейсмических сигналов, функций или цифровых кодов, применяемых для приведения в действие источника 37 сигналов, и т. д. Таким образом, в

различных вариантах осуществления данные изображения, генерируемые на основе суб-сви́п-сигнала 200А или 200В (или части суб-сви́п-сигнала 200А или 200В), могут иметь первое пространственное разрешение и первое отношение сигнал-помеха, тогда как данные изображения на основе всего сви́п-сигнала 200  
5 могут иметь второе пространственное разрешение, более низкое, чем первое пространственное отношение, и второе отношение сигнал-помеха, более высокое, чем первое отношение сигнал-помеха.

Кроме того, рассмотрим график 230 на Фиг. 2С. Как отмечалось выше, график 230 соответствует данным, принятым одним или более датчиками 22 на  
10 основе сви́п-сигнала, имеющего такую же длительность, как сви́п-сигнал 200. Например, в изображенном варианте осуществления сви́п-сигнал 200, может иметь длительность двадцать секунд, включая 10-секундный суб-сви́п-сигнал 200А и 10-секундный суб-сви́п-сигнал 200В. В таком варианте осуществления сви́п-сигнал, применяемый для генерации данных для графика 230, может также  
15 иметь длительность двадцать секунд, но, в отличие от сви́п-сигнала 200, может не включать четко различимых суб-сви́п-сигналов 200А или 200В. Следует отметить, что отношения сигнал-помеха для графиков 220 и 230 являются практически одинаковыми, несмотря на то, что данные для графика 220 взяты из суммы суб-сви́п-сигналов 200А и 200В (например, из сви́п-сигнала 200).

Поэтому, в различных вариантах осуществления, благодаря реализации более длинных сви́п-сигналов (таких как сви́п-сигнал 200) с несколькими суб-сви́п-сигналами (такими как суб-сви́п-сигналы 200А и 200В) во время сейсмической разведки, раскрытые системы и способы обеспечивают возможность избирательного построения изображения более глубоких частей  
20 геологической формации (например, на основе сви́п-сигнала 200) или более малоглубинных частей геологической формации (например, на основе суб-сви́п-сигнала 200А или 200В).

Обратимся теперь к Фиг. 3, на котором график 300 показывает пример сигнала, которые может использоваться для приведения в действие одного или  
30 более источников 37 сигналов на основе конкретной функции для реализации одного или более сви́п-сигналов в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Например, в некоторых вариантах осуществления сигнал, изображенный на графике 300, может соответствовать сигналу, генерируемому источником 37 сигналов при реализации части сви́п-сигнала 200 или суб-сви́п-сигналов 200А или 200В на Фиг. 2А.  
35

Например, в некоторых вариантах осуществления один или более вибрационных источников 37 сигналов могут применяться для реализации

линейного свип-сигнала, в котором генерируемый сигнал линейно возрастает от первой частоты (например, 10 Гц) до второй частоты (например, 80 Гц). Альтернативно, в некоторых вариантах осуществления линейный свип-сигнал может быть реализован таким образом, чтобы генерируемый сигнал линейно убывал от первой частоты (например, 90 Гц) до второй частоты (например, 5 Гц). Кроме того, в некоторых вариантах осуществления один или более вибрационных источников 37 сигналов могут применяться для реализации «случайного свип-сигнала», в котором генерируемый сигнал включает в себя псевдослучайное распределение частотных составляющих в данном частотном диапазоне (например, 10-95 Гц).

Следует отметить, что в некоторых вариантах осуществления данный свип-сигнал (например, линейный свип-сигнал, случайный свип-сигнал и т. д.) может быть реализован при помощи нескольких источников 37 сигналов. Например, в варианте осуществления, в котором свип-сигнал изменяется между первой частотой (например, 5 Гц) и второй частотой (например, 90 Гц), низкочастотный источник 37 сигналов может применяться для реализации низкочастотной части (например, 5-30 Гц) свип-сигнала, а высокочастотный источник 37 сигналов может применяться для реализации высокочастотной части (например, 30-90 Гц) свип-сигнала. Так, рассмотрим пример, в котором свип-сигнал 200 на Фиг. 2А является линейно-возрастающим свип-сигналом от 10 Гц до 90 Гц, при этом суб-свип-сигнал 200А соответствует линейному свип-сигналу от 10 Гц до 30 Гц, а суб-свип-сигнал 200В соответствует линейному свип-сигналу от 30 Гц до 90 Гц. В таком варианте осуществления суб-свип-сигнал 200А может быть реализован низкочастотным вибрационным источником 37 сигналов, а суб-свип-сигнал 200В может быть реализован высокочастотным вибрационным источником 37 сигналов. Как показано этим примером, следует отметить, что части свип-сигнала, отведенные для данного частотного диапазона, могут изменяться в соответствии с различными вариантами осуществления. Например, в некоторых вариантах осуществления на все части частотного диапазона, включенные в свип-сигнал, может быть затрачен равный период времени. Однако в других вариантах осуществления свип-сигнал может затрачивать больше или меньше времени на любые конкретные частотные составляющие данного частотного диапазона.

В варианте осуществления, изображенном на Фиг. 3, сигнал, показанный на графике 300, возрастает от первой частоты до второй, более высокой частоты в течение данного интервала времени, а именно, от 0 секунд до 3 секунд. Следует отметить, что на графике 300 изображена только часть сигнала, которая

может использоваться для приведения в действие вибрационного источника 37 сигнала во время свип-сигнала (такого как свип-сигнал 200) или суб-свип-сигнала (такого как суб-свип-сигнал 200А или 200В). Иными словами, в некоторых вариантах осуществления сигнал может продолжать возрастание в течение  
5 всего, более длительного интервала времени (например, 40 секунд), когда источник 37 сигнала реализует свип-сигнал. Однако в других вариантах осуществления свип-сигнал может включать в себя, в течение данного временного интервала, несколько более коротких свип-сигналов, (например, линейных свип-сигналов, случайных свип-сигналов и т. д.) от первой частоты до  
10 второй частоты. Иначе говоря, реализация свип-сигнала может включать в себя приведение в действие источника 37 сигнала с использованием сигнала, который линейно возрастает (например, от 5 Гц до 90 Гц) на всем протяжении свип-сигнала (например, 40 секунд). Альтернативно, в некоторых вариантах осуществления реализация свип-сигнала может включать в себя реализацию  
15 нескольких более быстрых суб-свип-сигналов путем приведения в действие источника 37 сигналов при помощи сигнала, который повторяется многократно на протяжении свип-сигнала (например, четырех линейных суб-свип-сигналов от 5 Гц до 90 Гц, каждый из которых длится 10 секунд).

Обратимся теперь к Фиг. 4А и 4В, на которых графики 400 и 410  
20 показывают примеры цифровых кодов, которые могут использоваться для приведения в действие одного или более источников 37 цифровых сигналов для реализации одного или более свип-сигналов в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

Следует отметить, что в различных вариантах осуществления один или  
25 более источников 37 сигналов могут представлять собой вибрационные источники сигналов, выполненные с возможностью одновременной работы при помощи ортогональных цифровых кодов, так, чтобы измерения с использованием датчиков на основе волн, излучаемых различными источниками 37, можно было различать. Например, в патенте США № 8,094,514, озаглавленном «Seismic  
30 Vibrator Array and Method for Using», рассмотрены примеры конструкций вибрационных источников и способов, позволяющих отличать друг от друга сигналы от различных вибрационных источников при одновременной работе. Коды Голда и m-последовательности являются примерами цифровых кодов, которые можно использовать для приведения в действие вибрационных  
35 источников 37 сигналов, при этом такие цифровые коды могут обладать незначительной или отсутствующей взаимной корреляцией между различными кодами. Взаимная корреляция принятых сигналов с известными кодами,



применяемыми для приведения в действие источников, может обеспечивать возможность разделения сигналов от различных источников. Вообще говоря, цифровые коды могут применяться для приведения в действие различных вибрационных источников 37 сигналов, где коды некоррелированы до по  
5 меньшей мере порогового уровня, чтобы способствовать разделению сигналов от различных вибрационных источников. При одновременной работе различные вибрационные источники 37 сигналов могут реализовывать свип-сигналы с использованием различных цифровых кодов (например, кодов Голда) одновременно, при этом извлекаемые из них данные могут впоследствии  
10 разделяться (например, посредством взаимной корреляции).

На Фиг. 4А показан график 400, изображающий пример кода Голда, который может применяться для приведения в действие одного или более вибрационных источников 37 сигналов при реализации части свип-сигнала, такого как свип-сигнал 200 или суб-свип-сигналы 200А или 200В на Фиг. 2А.  
15 Например, в одном варианте осуществления реализация свип-сигнала 200 может включать в себя приведение в действие вибрационного источника 37 сигнала на основе первого кода Голда для реализации свип-сигнала 200А, и приведение в действие вибрационного источника 37 на основе второго кода Голда для реализации свип-сигнала 200В. На Фиг. 4В показан график 410, изображающий  
20 пример  $m$ -последовательности, которая может применяться для приведения в действие одного или более вибрационных источников 37 при реализации части свип-сигнала, такого как свип-сигнал 200 или суб-свип-сигналы 200А или 200В на Фиг. 2А. Например, в одном варианте осуществления реализация свип-сигнала 200 может включать в себя приведение в действие вибрационного источника 37  
25 сигнала на основе первой  $m$ -последовательности для реализации суб-свип-сигнала 200А, и приведение в действие вибрационного источника 37 на основе второй  $m$ -последовательности для реализации суб-свип-сигнала 200В. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления, несколько источников 37 сигналов могут применяться для одновременной реализации свип-сигналов, при этом  
30 каждый источник 37 сигналов приводится в действие с использованием отдельного ортогонального цифрового кода (например, кода Голда,  $m$ -последовательности и т. д.) таким образом, чтобы восстановленные данные могли быть разделены. Кроме того, данные, восстановленные на основе такой одновременной работы, могут применяться для избирательного построения  
35 изображения различных частей геологической формации, как описано в настоящем документе.

Следует отметить, что только часть цифровых кодов, применяемых для приведения в действие одного или более источников 37 сигналов во время данного свип-сигнала, показана на графиках 400 и 410 для лучшего понимания. В различных вариантах осуществления один или более источников 37 сигналов могут непрерывно приводиться в действие при помощи цифровых кодов в течение всего временного интервала (например, 40 секунд) данного свип-сигнала.

Как отмечалось, несколько источников 37 сигналов могут одновременно работать при помощи цифровых кодов, некоррелированных до по меньшей мере порогового уровня (например, ортогональных кодов), таким образом, чтобы восстановленные данные могли быть разделены и использованы для генерации данных изображений, соответствующих различным частям геологической формации. На Фиг. 4С показана диаграмма 420, соответствующая примерам свип-сигналов 430-450 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. В различных вариантах осуществления свип-сигналы 430-450 могут соответствовать свип-сигналам, одновременно реализуемым тремя источниками сигналов 37А-37С сигналов соответственно на Фиг. 1.

В различных вариантах осуществления каждый из свип-сигналов 430-450 может быть реализован в течение данного интервала времени при помощи отдельного вибрационного источника 37 сигналов. Кроме того, каждый из свип-сигналов 430-450 может быть реализован путем приведения в действие соответствующих вибрационных источников 37 сигналов в соответствии с различными цифровыми кодами, некоррелированными до по меньшей мере порогового уровня. Например, свип-сигнал 430 может быть реализован путем приведения в действие источника 37А сигналов при помощи первого цифрового кода (например, первого кода Голда), свип-сигнал 440 может быть реализован путем приведения в действие источника 37В сигналов при помощи второго цифрового кода (например, второго кода Голда), и свип-сигнал 450 может быть реализован путем приведения в действие источника 37С сигналов при помощи третьего цифрового кода (например, третьего кода Голда).

Кроме того, в некоторых вариантах осуществления каждый из цифровых кодов, применяемых для реализации свип-сигналов 430-450, может, в свою очередь, включать в себя множество подсекций. Например, как показано на Фиг. 4С, каждый из свип-сигналов 430-450 включает в себя несколько суб-свип-сигналов. А именно, свип-сигнал 430 включает в себя суб-свип-сигналы 430А-430D, свип-сигнал 440 включает в себя суб-свип-сигналы 440А-440D, и свип-сигнал 450 включает в себя суб-свип-сигналы 450А-450D. В различных вариантах

осуществления один или более суб-свип-сигналов в данном свип-сигнале могут быть некоррелированы до по меньшей мере порогового уровня относительно других суб-свип-сигналов в данном свип-сигнале. Например, в одном варианте осуществления каждый из суб-свип-сигналов 430А-430D может быть реализован на основе отдельного кода Голда. Иными словами, суб-свип-сигнал 430А может быть реализован путем приведения в действие вибрационного источника 37А сигналов на основе первого кода Голда, суб-свип-сигнал 430В может быть реализован путем приведения в действие вибрационного источника 37А сигналов на основе второго кода Голда, суб-свип-сигнал 430С может быть реализован путем приведения в действие вибрационного источника 37А сигналов на основе третьего кода Голда, и суб-свип-сигнал 430D может быть реализован путем приведения в действие вибрационного источника 37А сигналов на основе четвертого кода Голда.

На Фиг. 4С различные графические шаблоны использованы для обозначения суб-свип-сигналов, реализуемых на основе цифровых кодов (например, кодов Голда, m-последовательностей и т. д.), некоррелированных до по меньшей мере порогового уровня. В различных вариантах осуществления цифровые коды, применяемые для приведения в действие различных источников 37 в определенный момент времени, являются некоррелированными до по меньшей мере порогового уровня, таким образом, чтобы сигналы, восстановленные на основе суб-свип-сигналов, могли быть разделены. Например, на Фиг. 4С, для реализации суб-свип-сигналов 430А, 440А, and 450А (которые в изображенном варианте осуществления реализованы одновременно), источники 37А-37С могут быть, соответственно, приведены в действие на основе цифровых кодов, некоррелированных до по меньшей мере порогового уровня. Аналогичным образом, для реализации суб-свип-сигналов 430В-450В, 430С-450С и 430D-450D, источники 37А-37С могут быть, соответственно, приведены в действие на основе цифровых кодов, некоррелированных до по меньшей мере порогового уровня. Следует отметить, что этот вариант осуществления приведен просто в качестве примера, и для приведения в действие источников 37А-37С сигналов во время данного свип-сигнала могут быть использованы различные комбинации некоррелированных цифровых кодов. Однако как отмечалось выше, в вариантах осуществления, где свип-сигналы или суб-свип-сигналы реализуются одновременно, может потребоваться, чтобы цифровые коды, применяемые для приведения в действие вибрационных источников сигналов, были некоррелированными до по меньшей мере порогового уровня, чтобы

способствовать разделению результирующих сейсмических сигналов, принятых датчиками 22.

Кроме того, отметим, что, хотя суб-свип-сигналы, показанные на Фиг. 4С, имеют равную длину, этот вариант осуществления приведен просто в качестве  
5 примера. В других вариантах осуществления один или более суб-свип-сигналов могут иметь различную длину по отношению к другим суб-свип-сигналам в их соответствующем свип-сигнале, или по отношению к суб-свип-сигналам в других свип-сигналах. Например, в одном варианте осуществления, суб-свип-сигнал 440А может иметь длину, отличную от суб-свип-сигнала 440В (например,  
10 длиннее, короче). Кроме того, в одном варианте осуществления, суб-свип-сигнал 440А свип-сигнала 440 может иметь длину, отличную от суб-свип-сигнала 450А свип-сигнала 450. В различных вариантах осуществления реализация свип-сигналов, в которых один суб-свип-сигнал имеет длину, отличную от других суб-свип-сигналов, может быть особенно эффективной в отношении способов сбора  
15 и восстановления данных сжимающих измерений. Следует отметить, что, независимо от длины данного суб-свип-сигнала, в вариантах осуществления, где одновременные свип-сигналы реализуются для цифровых кодов, применяемых для реализации свип-сигналов на различных вибрационных источниках 37 сигналов, может быть предпочтительно, чтобы эти коды были  
20 некоррелированными до по меньшей мере порогового уровня, чтобы способствовать разделению результирующих сигналов. Например, в варианте осуществления, в котором суб-свип-сигнал 440А длиннее, чем суб-свип-сигнал 450А, суб-свип-сигнал 440А может перекрываться с обоими суб-свип-сигналами 450А и 450В. В таком варианте осуществления может оказаться желательным,  
25 чтобы цифровой код, применяемый для реализации суб-свип-сигнала 440А, был некоррелированным (до по меньшей мере порогового уровня) относительно цифровых кодов, применяемых для реализации обоих суб-свип-сигналов 450А и 450В.

На Фиг. 5 показана диаграмма 500, соответствующая примеру свип-  
30 сигналов 510-530, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. В различных вариантах осуществления свип-сигналы 510-530 могут соответствовать свип-сигналам различной длительности, которые могут быть реализованы одним или более источниками 37 сигналов на Фиг. 1.

Как показано на Фиг. 5, каждый из свип-сигналов 510-530 включает в себя  
35 несколько суб-свип-сигналов. Более конкретно, свип-сигнал 510 включает в себя три суб-свип-сигнала (510А-510С), свип-сигнал 520 включает в себя шесть суб-свип-сигналов (520А-520F) и свип-сигнал 530 включает в себя двенадцать суб-

свип-сигналов (530A-530L). Как раскрыто выше со ссылкой на Фиг. 4С, один или более из суб-свип-сигналов, показанных на Фиг. 5, могут быть реализованы путем приведения в действие одного или более источников 37 сигналов на основе одного или более цифровых кодов. Например, в некоторых вариантах

5 осуществления каждый из суб-свип-сигналов в данном свип-сигнале может быть реализован на основе различных цифровых кодов, некоррелированных до по меньшей мере порогового уровня (например, кодов Голда, m-последовательностей и т. д.).

Например, в различных вариантах осуществления количество битов,

10 включенных в состав цифрового кода, применяемого для реализации данного суб-свип-сигнала, может изменяться в зависимости от длительности этого суб-свип-сигнала (и/или различные количества битов могут использоваться для различных суб-свип-сигналов, имеющих одинаковую длительность). Например, в одном варианте осуществления каждый из суб-свип-сигналов 510A-510C может

15 быть реализован источником 37 сигналов за 40 секунд, при этом каждый из цифровых кодов, применяемых для приведения в действие источника 37 сигналов, включает в себя 1024 бита. Кроме того, в таком варианте осуществления каждый из суб-свип-сигналов 520A-520F может быть реализован источником 37 сигналов за 20 секунд, при этом каждый из цифровых кодов,

20 применяемых для приведения в действие источника 37 сигналов, включает в себя 512 битов, а каждый из суб-свип-сигналов 530A-530L может быть реализован источником 37 сигналов за 10 секунд, при этом каждый из цифровых кодов, применяемых для приведения в действие источника 37 сигналов, включает в себя 256 битов. Отметим, однако, что этот вариант осуществления

25 приведен просто в качестве примера, и суб-свип-сигналы в других вариантах осуществления могут включать другие количества битов при других значениях продолжительности.

Кроме того, отметим, что, хотя суб-свип-сигналы в данном свип-сигнале имеют одинаковую длительность в изображенном варианте осуществления, в

30 том или ином свип-сигнале могут быть реализованы суб-свип-сигналы другой длительности. Например, в одном варианте осуществления реализация свип-сигнала может включать в себя реализацию двух суб-свип-сигналов первой длительности (например, суб-свип-сигналы 510A и 510B), за которыми следуют два суб-свип-сигнала другой длительности (например, суб-свип-сигналы 520E и

35 520F). Кроме того, в некоторых вариантах осуществления различные источники 37 сигналов могут реализовывать свип-сигналы с суб-свип-сигналами различной длительности. Например, в одном варианте осуществления свип-сигналы 510A и

510В могут быть реализованы одновременно вибрационными источниками 37А и 37В сигналов соответственно. В таком варианте осуществления суб-сви́п-сигналы 520А-520F будут иметь длительность, отличную от суб-сви́п-сигналов 510А-510С. Следует отметить, что в таких вариантах осуществления может быть  
5 предпочтительно, чтобы цифровые коды, применяемые для реализации суб-сви́п-сигналов на различных вибрационных источниках 37 сигналов, были некоррелированными до по меньшей мере порогового уровня, чтобы способствовать разделению результирующих сигналов.

В некоторых вариантах осуществления параметры суб-сви́п-сигналов  
10 (например, длина кодов, применяемых для запуска суб-сви́п-сигналов, их временные интервалы и т. л.) могут изменяться в зависимости от модели, генерируемой для планируемой разведки. Например, более длительные суб-сви́п-сигналы могут применяться при построении изображения относительно более глубоких формаций, хотя части этих суб-сви́п-сигналов будут по-  
15 прежнему использоваться для построения изображения более малоглубинных частей этих формаций.

В различных вариантах осуществления данные, полученные на основе любых из сви́п-сигналов 510-530, могут избирательно применяться для построения изображения различных частей геофизической структуры. Например,  
20 в варианте осуществления, в котором сви́п-сигнал 530 реализуют во время геофизической разведки, данные изображений, соответствующие различным частям геологической формации, могут генерироваться (например, при помощи автокорреляции) на основе всего сви́п-сигнала 530 (иными словами, суб-сви́п-сигналов 530А-530L), нескольких суб-сви́п-сигналов (например, суб-сви́п-сигналов  
25 530А-530D), одного суб-сви́п-сигнала (например, суб-сви́п-сигналов 530С) или части суб-сви́п-сигнала (например, первой половины суб-сви́п-сигнала 530Н). В одном конкретном варианте осуществления, например, данные изображений, соответствующие первому местоположению геологической формации, могут генерироваться с использованием автокорреляции только суб-сви́п-сигнала 530Е  
30 с сейсмическими данными, данные изображений, соответствующие второму местоположению геологической формации, могут генерироваться с использованием автокорреляции только суб-сви́п-сигнала 530F с сейсмическими данными, и данные изображений, соответствующие третьему местоположению геологической формации, могут генерироваться с использованием  
35 автокорреляции обеих подсекций 530Е и 530F с сейсмическими данными. В таком варианте осуществления третье местоположение может находиться на

глубине, большей, чем глубины, связанные с любым из первого или второго местоположений (которые могут находиться на различные глубинах).

Обратимся теперь к Фиг. 6, на котором показана структурная схема 600 части системы геофизической разведки, если смотреть вдоль морского профиля  
5 сзади зоны разнесения сейсмических кос, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Следует отметить, что, для упрощения, на структурной схеме 600 показана только часть левой стороны системы 100 разведки, представленной на Фиг. 1.

Структурная схема 600 включает в себя источник 37 сигнала (например,  
10 вибрационный источник сигнала), множество геофизических датчиков 22 (например, расположенных на соответствующих сейсмических косах 20 (не показаны)), и геологическую формацию 610. Как показано на Фиг. 6, датчики 22А-22С расположены на различных удалениях от источника 37 сигналов. В контексте настоящего документа термин «удаление» используется в соответствии с его  
15 обычным значением в данной области техники, которое включает в себя расстояние между источником и точкой в группе сейсмических кос (например, местоположением датчика). Если источник и точка находятся на одинаковой глубине, удаление проходит в направлении, параллельном поверхности воды. Если источник и точка находятся на разных глубинах, удаление (расстояние  
20 источник-приемник) может быть или не быть измерено параллельно поверхности воды, например, в зависимости от способов обработки.

В различных вариантах осуществления, в то время как источник 37 сигналов реализует свип-сигнал, сейсмические сигналы, генерируемые источником 37 сигналов, могут передаваться в геологическую формацию 610,  
25 расположенную ниже водоема 11, а затем отражаться и регистрироваться геофизическими датчиками 22А-22С при различных удалениях. Например, как показано на Фиг. 6, сейсмические сигналы, генерируемые источником 37 сигналов, могут отражаться от местоположения (точки) 602 (на глубине 1) геологической формации 610 и регистрироваться датчиками 22А. Сейсмические  
30 сигналы, генерируемые источником 37 сигналов, могут отражаться от местоположения (точки) 604 (на глубине 2) геологической формации 610 и регистрироваться датчиками 22В на сейсмической косе. Кроме того, сейсмические сигналы, генерируемые источником 37 сигналов, могут отражаться от местоположения (точки) 606 (на глубине 3) геологической формации 610 и  
35 регистрироваться датчиками 22С.

В различных вариантах осуществления местоположения 602-606 могут соответствовать различным удалениям между источником 37 сигналов и

датчиками 22, при помощи которых регистрируются сейсмические данные. Например, в одном варианте осуществления местоположение 602 может соответствовать удалению 612 между источником 37 сигналов и датчиком 22А, применяемым для записи сейсмических данных. Кроме того, в одном варианте осуществления местоположение 604 может соответствовать удалению 614 между источником 37 сигналов и датчиком 22В, применяемым для записи сейсмических данных. Кроме того, местоположение 606 может соответствовать удалению 616 между источником 37 сигналов и третьим датчиком 22С, применяемым для записи сейсмических данных.

10 Кроме того, в различных вариантах осуществления при генерации данных изображений для различных местоположений геологической формации 610 можно использовать данные, зарегистрированные различными датчиками 22. Например, в одном варианте осуществления при построении изображений местоположений 602 и 604 можно использовать разные первый и второй датчики 15 22 А и 22В соответственно.

Как отмечалось выше, раскрытые системы и способы могут применяться для избирательного построения изображения различных местоположений геологической формации 610. Например, рассмотрим вариант осуществления, в котором источник 37 сигнала на Фиг. 6 применяется для реализации свип-сигнала 20 430, как показано на Фиг. 4С. Кроме того, предположим, что в свип-сигнале 430 каждый из суб-свип-сигналов 430А-430D имеет продолжительность 10 секунд, при этом каждый из суб-свип-сигналов 430А-430D реализован на основе отдельного кода Голда (коды Голда А-D соответственно). В таком варианте осуществления построение изображения местоположения 602 геологической 25 формации 610 может быть реализовано с использованием корреляции кода Голда А с сейсмическими данными, принятыми датчиком 22А. Кроме того, в таком варианте осуществления построение изображения местоположения 604 может быть реализовано с использованием корреляции кодов Голда А и В с сейсмическими данными, принятыми датчиком 22В. Аналогичным образом, в 30 таком варианте осуществления построение изображения местоположения 606 может быть реализовано с использованием корреляции кодов Голда А, В и С с сейсмическими данными, принятыми датчиком 22С.

Следует отметить, что на Фиг. 6 показаны только три местоположения и три глубины. Однако в различных вариантах осуществления раскрытые системы 35 и способы могут применяться для сбора геофизических данных, соответствующих многочисленным местоположениям при любом количестве глубин геологической формации. Кроме того, следует отметить, что вариант



осуществления, изображенный на Фиг. 6, приведен просто в качестве примера, при этом системы и способы, раскрытые в настоящем документе, не ограничены какой-либо конкретной конфигурацией удаления.

## 5           Примеры способов

Обратимся теперь к Фиг. 7 и 8, на которых соответственно изображены примеры способов 700 и 800. В различных вариантах осуществления способы 700 и 800 могут применяться для получения результата обработки геофизических данных, который включает в себя данные, соответствующие различным частям геологической формации. В различных вариантах осуществления способы 700 и 800 могут выполняться, например, с использованием системы 100 геофизической разведки, показанной на Фиг. 1.

На Фиг. 7 способ 700 включает в себя элементы 702-708. Хотя эти элементы показаны в конкретном порядке для облегчения понимания, могут применяться и другие порядки. В различных вариантах осуществления некоторые элементы способа могут выполняться одновременно, в порядке, отличном от показанного, или могут быть опущены. Дополнительные элементы способа могут также выполняться по желанию. В элементе 702 в изображенном варианте осуществления система разведки буксирует множество сейсмических кос, каждая из которых содержит множество сейсмических датчиков. Например, как показано на Фиг. 1, исследовательское судно 10 может быть выполнено с возможностью буксирования множества сейсмических кос 20, каждая из которых содержит множество сейсмических датчиков 22. Способ 700 переходит затем к элементу 704. В элементе 704 в изображенном варианте осуществления система разведки буксирует множество вибрационных источников. Например, исследовательское судно 10 может быть выполнено с возможностью буксирования одного или более вибрационных источников 37.

Способ 700 переходит затем к элементу 706. В элементе 706 в изображенном варианте осуществления система разведки реализует, при помощи одного или более из множества вибрационных источников, первый свип-сигнал в течение первого временного интервала. Как раскрыто выше со ссылкой на Фиг. 3, реализация первого свип-сигнала может включать в себя приведение в действие вибрационного источника 37 в соответствии с той или иной функцией, например, линейно возрастающей функцией, случайной функцией и т. д. в соответствии с различными вариантами осуществления. Например, в некоторых вариантах осуществления, реализация первого свип-сигнала может включать в себя приведение в действие первого вибрационного источника для генерации

сейсмических сигналов, которые начинаются на первой частоте и линейно изменяются в направлении второй частоты. В одном варианте осуществления генерируемые сейсмические сигналы могут линейно возрастать от первой частоты до второй, более высокой частоты, например. Однако в других вариантах осуществления реализация первого свип-сигнала может включать в себя приведение в действие первого вибрационного источника для генерации сейсмических сигналов, которые включают в себя псевдослучайное распределение частотных составляющих в данном частотном диапазоне.

Как отмечалось выше, в различных вариантах осуществления система 100 разведки может включать в себя как низкочастотные, так и высокочастотные вибрационные источники. В таких вариантах осуществления элемент 706 может включать в себя приведение в действие низкочастотного вибрационного источника для первой части временного интервала с целью реализации низкочастотной части первого свип-сигнала, а затем последующее приведение в действие высокочастотного вибрационного источника для второй части первого временного интервала с целью реализации высокочастотной части первого свип-сигнала. В таких вариантах осуществления относительная длительность времени, затраченного на низко- и высокочастотные части первого свип-сигнала может изменяться. Например, в некоторых вариантах осуществления первая часть первого временного интервала может иметь длительность, равную второй части первого временного интервала, так, чтобы на низко- и высокочастотные части свип-сигнала было затрачено равное количество времени. Однако в других вариантах осуществления первая часть первого временного интервала может быть длиннее или короче, чем вторая часть первого временного интервала, так, чтобы бóльшая часть первого свип-сигнала могла быть использована для низкочастотной или высокочастотной части соответственно.

Кроме того, в различных вариантах осуществления, первый свип-сигнал может включать в себя первое множество суб-свип-сигналов, соответствующих частям первого временного интервала. Например, в одном варианте осуществления реализация первого свип-сигнала может включать в себя реализацию, при помощи первого вибрационного источника, первого суб-свип-сигнала в течение первой части первого временного интервала. В таком варианте осуществления реализация первого суб-свип-сигнала может включать в себя активацию первого вибрационного источника на основе первого цифрового кода (например, первого кода Голда). Кроме того, в таком варианте осуществления реализация первого свип-сигнала может включать в себя последующую реализацию, при помощи первого вибрационного источника, второго суб-свип-

сигнала в течение второй части первого интервала времени, где реализация второго суб-свип-сигнала включает в себя активацию первого вибрационного источника на основе второго цифрового кода (например, второго кода Голда). В таком варианте осуществления сейсмические данные, записанные во время 5 сейсмической разведки, могут включать в себя данные, основанные на первом суб-свип-сигнале и втором суб-свип-сигнале.

Следует отметить, что в некоторых вариантах осуществления способ 700 может включать в себя реализацию второго свип-сигнала в первом временном интервале. Например, в некоторых вариантах осуществления управляющее 10 оборудование 12 может быть выполнено с возможностью реализации, при помощи второго вибрационного источника, второго свип-сигнала в первом временном интервале, где второй свип-сигнал включает в себя второе множество суб-свип-сигналов. В таких вариантах осуществления различные сигналы из второго множества свип-свип-сигналов могут быть некоррелированными до по 15 меньшей мере порогового уровня относительно сигналов из первого множества суб-свип-сигналов, как раскрыто выше со ссылкой на Фиг. 4D.

Способ 700 переходит затем к элементу 708. В элементе 708 в изображенном варианте осуществления система разведки записывает в первом временном интервале сейсмические данные на материальном машиночитаемом 20 носителе данных для создания результата обработки геофизических данных. Например, в различных вариантах осуществления система 100 разведки может непрерывно записывать, при помощи некоторых сейсмических датчиков 22 на Фиг. 1, сейсмические данные в первом временном интервале, где сейсмические данные основаны на сейсмических сигналах, генерируемых путем реализации 25 первого свип-сигнала.

Обратимся теперь к Фиг. 8, на котором показана блок-схема примера способа 800 для сбора данных геофизической разведки в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. На Фиг. 8 способ 800 включает в себя 30 элементы 802-808. Хотя эти элементы показаны в конкретном порядке для облегчения понимания, могут применяться и другие порядки. В различных вариантах осуществления некоторые элементы способа могут выполняться одновременно, в порядке, отличном от показанного, или могут быть опущены. Дополнительные элементы способа могут также выполняться по желанию.

В элементе 802 в изображенном варианте осуществления система 35 разведки буксирует множество сейсмических кос, каждая из которых содержит множество сейсмических датчиков. Например, как показано на Фиг. 1, исследовательское судно 10 может быть выполнено с возможностью

буксирования множества сейсмических кос 20, каждая из которых содержит множество сейсмических датчиков 22. Способ 800 переходит затем к элементу 804. В элементе 804 в изображенном варианте осуществления система разведки буксирует множество вибрационных источников. Например, исследовательское судно 10 может быть выполнено с возможностью буксирования одного или более вибрационных источников 37.

Способ 800 переходит затем к элементу 806. В элементе 806 в изображенном варианте осуществления система разведки приводит в действие два или более вибрационных источников в первом временном интервале. Как показано в элементе 806, приведение в действие двух или более вибрационных источников может включать в себя, в некоторых вариантах осуществления, приведение в действие первого вибрационного источника при помощи первого цифрового кода, который включает в себя первое множество подсекций, соответствующих частям первого временного интервала. Например, в одном варианте осуществления реализация первого свип-сигнала может включать в себя непрерывное приведение в действие первого вибрационного источника на основе одного или более цифровых кодов (например, кодов Голда) в первом временном интервале. Кроме того, как показано в элементе 806, приведение в действие двух или более вибрационных источников может дополнительно включать в себя приведение в действие второго вибрационного источника при помощи второго цифрового кода, который включает в себя второе множество подсекций, где подсекции из второго множества подсекций некоррелированы до по меньшей мере порогового уровня относительно подсекций из первого множества подсекций.

Способ 800 переходит затем к элементу 808. В элементе 808 в изображенном варианте осуществления система разведки записывает в первом временном интервале сейсмические данные на материальном машиночитаемом носителе данных для создания результата обработки геофизических данных. Например, в различных вариантах осуществления система 100 разведки может непрерывно записывать, при помощи некоторых сейсмических датчиков 22 на Фиг. 1, сейсмические данные в первом временном интервале, где сейсмические данные основаны на сейсмических сигналах, генерируемых путем приведения в действие первого вибрационного источника при помощи первого цифрового кода и второго вибрационного источника при помощи второго цифрового кода.

В некоторых вариантах осуществления способ 800 может дополнительно включать в себя построение изображения, при помощи компьютерной системы, какого-либо местоположения геологической формации с использованием

корреляции всего первого цифрового кода с сейсмическими данными. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления способ 800 может включать в себя построение изображения другого местоположения геологической формации с использованием корреляции части одного из первого множества подсекций с сейсмическими данными.

Обратимся теперь к Фиг. 9 и 10, на которых соответственно изображены примеры способов 900 и 1000. В различных вариантах осуществления способы 900 и 1000 могут применяться для генерации данных изображений, соответствующих различным частям геологической формации. В некоторых вариантах осуществления способы 900 или 1000 могут инициироваться или выполняться одним или более процессорами в ответ на одну или более инструкций, хранящихся машиночитаемым носителем данных.

На Фиг. 9 способ 900 включает в себя элементы 902-906. Хотя эти элементы показаны в конкретном порядке для облегчения понимания, могут применяться и другие порядки. В различных вариантах осуществления некоторые элементы способа могут выполняться одновременно, в порядке, отличном от показанного, или могут быть опущены. Дополнительные элементы способа могут также выполняться по желанию. В элементе 902 компьютерная система осуществляет доступ к сейсмическим данным для геологической формации, где сейсмические данные записывают при помощи одного или более датчиков во время сейсмической разведки, при которой один или более из множества вибрационных источников были использованы для реализации первого свип-сигнала в первом временном интервале. Например, в некоторых вариантах осуществления элемент 902 может включать в себя доступ к сейсмическим данным, которые были записаны во время сейсмической разведки, как описано выше со ссылкой на Фиг. 7.

Способ 900 переходит затем к элементу 904. В элементе 904 компьютерная система выполняет построение изображения первого местоположения геологической формации с использованием корреляции только первой части первого свип-сигнала с сейсмическими данными. В некоторых вариантах осуществления первая часть первого свип-сигнала может включать в себя поднабор частотных составляющих, которые включены в весь первый свип-сигнал. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления первое местоположение представляет собой первую, относительно малую глубину геологической формации, и при построении изображения первого местоположения могут генерироваться первые данные изображений с первым пространственным разрешением и первым отношением сигнал-помеха.

Способ 900 переходит затем к элементу 906, который включает в себя построение изображения, при помощи компьютерной системы, второго местоположения геологической формации с использованием корреляции нескольких суб-сви́п-сигналов или всего первого сви́п-сигнала с сейсмическими данными. Например, в некоторых вариантах осуществления второе местоположение находится на второй глубине, бóльшей, чем у первого местоположения. Кроме того, в различных вариантах осуществления, при построении изображения второго местоположения могут генерироваться вторые данные изображений со вторым пространственным разрешением, более низким, чем первое пространственное разрешение, но вторым отношением сигнал-помеха, бóльшим, чем первое отношение сигнал-помеха.

Следует отметить, что в некоторых вариантах осуществления способ 900 может дополнительно включать в себя построение изображения, при помощи компьютерной системы, третьего местоположения геологической формации с использованием корреляции только второй части первого цифрового кода с сейсмическими данными. В некоторых таких вариантах осуществления второе местоположение может находиться на второй глубине, бóльшей, чем первая глубина, связанная с первым местоположением, и третья глубина, связанная с третьим местоположением.

Кроме того, в некоторых вариантах осуществления сейсмическая разведка, используемая для сбора сейсмических данных, может включать в себя реализацию второго сви́п-сигнала при помощи одного или более вибрационных источников после завершения первого сви́п-сигнала. В таких вариантах осуществления способ 900 может дополнительно включать в себя построение изображения, при помощи компьютерной системы, местоположения геологической формации с использованием корреляции комбинации первого и второго сви́п-сигналов с сейсмическими данными.

В некоторых вариантах осуществления элементы 904-906 и их соответствующие эквиваленты, рассматриваемые в настоящем документе, могут называться средствами построения изображения первого местоположения геологической формации с использованием корреляции первой части первого сви́п-сигнала с сейсмическими данными и средствами построения изображения второго местоположения геологической формации с использованием корреляции нескольких суб-сви́п-сигналов или всего первого сви́п-сигнала с сейсмическими данными соответственно.

Обратимся теперь к Фиг. 10, на котором показана блок-схема примера способа 1000 для генерации данных изображений, соответствующих различным

частям геологической формации согласно некоторым вариантам осуществления. На Фиг. 10 способ 1000 включает в себя элементы 1002-1006. Хотя эти элементы показаны в конкретном порядке для облегчения понимания, могут применяться и другие порядки. В различных вариантах осуществления некоторые элементы

5 способа могут выполняться одновременно, в порядке, отличном от показанного, или могут быть опущены. Дополнительные элементы способа могут также выполняться по желанию.

В элементе 1002 в изображенном варианте осуществления компьютерная система осуществляет доступ к сейсмическим данным для геологической

10 формации, где сейсмические данные записывают во время сейсмической разведки, при которой первый вибрационный источник был приведен в действие при помощи первого цифрового кода в течение по меньшей мере первого временного интервала, и где первый цифровой код включает в себя первое множество подсекций, соответствующее частям первого временного интервала.

15 В некоторых вариантах осуществления, например, элемент 1002 может включать в себя доступ к сейсмическим данным, которые были записаны во время сейсмической разведки, как описано выше со ссылкой на Фиг. 8.

Способ 1000 переходит затем к элементу 1004. В элементе 1004 в изображенном варианте осуществления компьютерная система выполняет

20 построение изображения первого местоположения геологической формации с использованием корреляции только одной из первого множества подсекций с сейсмическими данными. В некоторых вариантах осуществления первое местоположение может находиться на первой глубине геологической формации, и при построении изображения первого местоположения могут генерироваться

25 первые данные изображений с первым пространственным разрешением и первым отношением сигнал-помеха.

Способ 1000 переходит затем к элементу 1006. В элементе 1006 в изображенном варианте осуществления компьютерная система выполняет

30 построение второго местоположения геологической формации с использованием корреляции нескольких суб-сви́п-сигналов или всего первого сви́п-сигнала с сейсмическими данными. В некоторых вариантах осуществления второе местоположение может находиться на второй глубине, бóльшей, чем первая глубина. Кроме того, в различных вариантах осуществления, при построении изображения второго местоположения могут генерироваться вторые данные

35 изображения со вторым пространственным разрешением, более низким, чем первое пространственное разрешение, и вторым отношением сигнал-помеха, бóльшим, чем первое отношение сигнал-помеха.

Следует отметить, что в некоторых вариантах осуществления способ 1000 может дополнительно включать в себя построение изображения, при помощи компьютерной системы, третьего местоположения геологической формации с использованием корреляции всего первого цифрового кода с сейсмическими данными. Например, в вариантах осуществления, в которых третье местоположение находится на большей глубине, чем второе местоположение, способ 1000 может включать в себя построение изображения третьего местоположения на основе всего первого цифрового кода. В некоторых вариантах осуществления способ 1000 может дополнительно включать в себя построение изображения, при помощи компьютерной системы, четвертого местоположения геологической формации с использованием частичной корреляции, которая использует корреляцию части одной из первого множества подсекций с сейсмическими данными. В некоторых вариантах осуществления способ 1000 может включать в себя построение изображения пятого местоположения геологической формации с использованием корреляции только второй подсекции из первого множества подсекций с сейсмическими данными. В таких вариантах осуществления второе местоположение может находиться на второй глубине, большей, чем первая и третья глубины, связанные с первым и третьим местоположениями соответственно.

Как отмечалось выше, несколько источников 37 сигналов могут одновременно работать при помощи цифровых кодов, некоррелированных до по меньшей мере порогового уровня, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Например, во время сейсмической разведки, второй вибрационный источник из множества вибрационных источников может приводиться в действие при помощи второго цифрового кода в первом временном интервале. В таком варианте осуществления второй цифровой код может включать в себя второе множество подсекций таким образом, чтобы в течение временных интервалов, соответствующих по длительности подсекциям в первом временном интервале, подсекции из второго множества подсекций были некоррелированными до по меньшей мере порогового уровня относительно подсекций из первого множества подсекций.

Кроме того, в некоторых вариантах осуществления способ 1000 может включать в себя построение какого-либо местоположения геологической формации на основе нескольких кодов Голда. Например, в одном варианте осуществления, во время сейсмической разведки первый вибрационный источник может затем приводиться в действие при помощи второго цифрового кода (например, после приведения в действие при помощи первого цифрового кода) в



течение по меньшей мере второго временного интервала. В таких вариантах осуществления способ 1000 может дополнительно включать в себя построение, при помощи компьютерной системы, изображения местоположения геологической формации с использованием корреляции комбинации первого и  
5 второго цифровых кодов с сейсмическими данными.

В некоторых вариантах осуществления элементы 1004-1006 и их соответствующие эквиваленты, рассматриваемые в настоящем документе, могут называться средствами построения изображения первого местоположения геологической формации с использованием корреляции только одной из первого  
10 множества подсекций с сейсмическими данными и средствами построения изображения второго местоположения геологической формации с использованием корреляции двух или более из первого множества подсекций с сейсмическими данными соответственно.

#### 15 Примеры сейсмических изображений

Обратимся теперь к Фиг. 11A-11D, на которых показаны примеры сейсмических изображений 1100-1130 соответственно согласно некоторым вариантам осуществления. Более конкретно, в изображенном варианте осуществления на Фиг. 11A и 11B показаны сейсмические изображения 1100 и  
20 1110 соответственно, оба из которых соответствуют одной и той же относительно малоглубинной части геологической формации. Аналогичным образом, в изображенном варианте осуществления на Фиг. 11C и 11D показаны сейсмические изображения 1120 и 1130 соответственно, оба из которых соответствуют одной и той же относительно глубинной части геологической  
25 формации.

В различных вариантах осуществления сейсмические изображения 1100-1130 могут генерироваться на основе геофизических данных, собранных во время сейсмических съемок в соответствии с раскрытыми системами и способами. Например, в некоторых вариантах осуществления сейсмические  
30 данные могут быть собраны на основе сейсмической разведки, выполненной, по меньшей мере частично, в соответствии со способами 700 и 800, раскрытыми выше. Кроме того, в некоторых таких вариантах осуществления сейсмические изображения 1100-1130 могут генерироваться по таким сейсмическим данным, по меньшей мере частично, в соответствии со способами 900 и 1000, раскрытыми  
35 выше.

На Фиг. 11A сейсмическое изображение 100 показывает относительно малоглубинную часть геологической формации в соответствии с одним

вариантом осуществления. В показанном варианте осуществления сейсмическое изображение 1100 может генерироваться на основе данных, соответствующих относительно короткому свип-сигналу или части свип-сигнала (например, 5 секундам), как раскрыто выше. На Фиг. 11В сейсмическое изображение 1110 показывает ту же относительно малоглубинную часть геофизической формации в соответствии с одним вариантом осуществления. В показанном варианте осуществления сейсмическое изображение 1110 может генерироваться на основе данных, соответствующих относительно более длинному свип-сигналу или более длинной части свип-сигнала (например, 40 секундам), как раскрыто выше. Сравнивая изображения на Фиг. 11А и 11В, отметим, что, хотя сейсмическое изображение 1110 имеет более высокое отношение сигнал-помеха, чем сейсмическое изображение 1100 (как показано затемненными объектами на Фиг. 11В), сейсмическое изображение 1100 обеспечивает изображение с более высоким разрешением, чем сейсмическое изображение 1110 объектов в относительно малоглубинной части геологической формации. Таким образом, как обсуждалось выше, может быть желательным избирательно использовать данные, соответствующие более коротким свип-сигналам или частям свип-сигналов при генерации сейсмических изображений относительно малоглубинных частей геологической формации в некоторых вариантах осуществления.

Обратимся к Фиг. 11С и 11D, на которых сейсмическое изображение 1120 показывает относительно глубинную часть геологической формации в соответствии с одним вариантом осуществления. В показанном варианте осуществления сейсмическое изображение 1120 может генерироваться на основе данных, соответствующих относительно короткому свип-сигналу или части свип-сигнала (например, 5 секундам), как раскрыто выше. Сейсмическое изображение 1130 показывает ту же самую относительно глубинную часть геологической формации в соответствии с одним вариантом осуществления. В показанном варианте осуществления сейсмическое изображение 1130 может генерироваться на основе данных, соответствующих относительно более длинному свип-сигналу или более длинной части свип-сигнала (например, 40 секундам), как раскрыто выше. Сравнивая изображения на Фиг. 11С и 11D, отметим, что сейсмическое изображение 1130 показывает фрагмент, соответствующий геологическим объектам, не показанным на сейсмическом изображении 1120. Этот дополнительный фрагмент, в свою очередь, может делать сейсмическое изображение 1130 более полезным при установлении местоположения углеводородосодержащих геологических формаций и определении мест, где могут находиться залежи

нефти и природного газа. Таким образом, как обсуждалось выше, может быть желательным избирательно использовать данные, соответствующие более длинным свип-сигналам или более длинным частям свип-сигналов при генерации сейсмических изображений относительно глубинных частей геологической формации в некоторых вариантах осуществления.

Таким, как описано в настоящей заявке, раскрытые системы и способы обеспечивают возможность избирательного объединения или разделения данных, соответствующих различным частям одного или более свип-сигналов, при генерации данных изображений, что, как показано сейсмическими изображениями 1100-1130, может обеспечивать улучшенные сейсмические изображения для различных частей геологических формаций. Кроме того, в различных вариантах осуществления, раскрытые системы и способы могут оптимизировать выходную энергию от одного или более источников 37 сигналов таким образом, чтобы уменьшать стоимость и воздействие на окружающую среду сейсмической разведки без уменьшения возможностей построения изображений.

#### Пример вычислительного устройства

Обратимся теперь к Фиг. 12, на котором показана структурная схема одного варианта осуществления вычислительного устройства (которое может также называться вычислительной системой) 1210. Вычислительное устройство 1210 может применяться для реализации различных частей настоящего изобретения. Вычислительное устройство 1210 может представлять собой любой подходящий тип устройства, включая, помимо прочего, систему персонального компьютера, настольный компьютер, переносной компьютер или ноутбук, универсальную вычислительную машину, веб-сервер, рабочую станцию или сетевой компьютер. Как показано, вычислительное устройство 1210 включает в себя блок 1250 обработки данных, запоминающее устройство 1212, интерфейс 1230 ввода-вывода, присоединенный через межсоединение 1260 (например, системную шину). Интерфейс 1230 ввода-вывода может быть соединен с одним или более устройствами 1240 ввода-вывода. Вычислительное устройство 1210 дополнительно включает в себя сетевой интерфейс 1232, который может быть соединен с сетью 1220 для связи с, например, другими вычислительными устройствами. В изображенном варианте осуществления вычислительное устройство 1210 дополнительно включает в себя машиночитаемый носитель данных 1214 в качестве элемента, возможно, отдельного от подсистемы 1212 хранения данных. Например, машиночитаемый носитель данных 1214 может включать в себя долговременную, постоянную, материальную память, такую как

катушки с магнитной лентой, жесткие диски, CD, DVD, флэш-память, оптические носители, голографические носители или другие подходящие типы памяти. В некоторых вариантах осуществления машиночитаемый носитель данных 1214 может быть физически отделимым от вычислительного устройства 1210 в целях содействия транспортировке. В некоторых вариантах осуществления машиночитаемый носитель данных 1214 может использоваться для получения результата обработки геофизических данных. Например, в некоторых вариантах осуществления сейсмические данные (генерируемые и записываемые в соответствии с любым из различных вариантов осуществления) могут храниться на машиночитаемом носителе данных 1214, тем самым, завершая получение результата обработки геофизических данных. Хотя и показанный выполненным отдельно от подсистемы 1212 хранения данных, в некоторых вариантах осуществления машиночитаемый носитель данных 1214 может быть выполнен как одно целое с подсистемой 1212 хранения данных.

В различных вариантах осуществления блок 1250 обработки данных включает в себя один или более процессоров. В некоторых вариантах осуществления блок 1250 обработки данных включает в себя один или более блоков сопроцессора. В некоторых вариантах осуществления несколько экземпляров блока 1250 обработки данных могут быть соединены с межсоединением 1260. Блок 1250 обработки данных (или каждый процессор внутри блока 1250) может содержать кэш-память или другой вид встроенной памяти. В некоторых вариантах осуществления блок 1250 обработки данных может быть реализован в виде блока обработки данных общего назначения, а в других вариантах осуществления он может быть реализован в виде блока обработки данных специального назначения (например, СЗИС (ASIC)). В общем случае, вычислительное устройство 1210 не ограничено каким-либо конкретным типом блока обработки данных или процессорной подсистемы.

Если контекст не требует иного, термины «блок обработки данных» и «элемент обработки данных» относятся к электронной схеме, выполненной с возможностью осуществления операций, или к памяти, содержащей хранящиеся в ней программные инструкции, которые выполняются одним или более процессорами для осуществления операций. Соответственно, блок обработки данных может быть выполнен в виде аппаратной схемы, реализованной различными способами. Аппаратная схема может включать в себя, например, заказные сверхбольшие интегральные схемы (СБИС) или матрицы логических элементов, серийно выпускаемые полупроводниковые приборы, такие как логические интегральные схемы, транзисторы или другие дискретные

компоненты. Блок обработки данных может также быть реализован в программируемых аппаратных устройствах, таких как программируемые пользователем вентильные матрицы, программируемые матричные логические схемы, программируемые логические устройства и т. п. Блок обработки данных  
5 может также быть выполнен с возможностью выполнения программных инструкций из любого подходящего вида долговременных машиночитаемых носителей информации для осуществления указанных операций.

Подсистема 1212 хранения данных выполнена с возможностью использования блоком 1250 обработки данных (например, для хранения  
10 инструкций и данных, выполняемых и используемых соответственно блоком 1250 обработки данных). Подсистема 1212 хранения данных может быть реализована при помощи любого подходящего типа физических носителей памяти, включая накопитель на жестком диске, накопитель на дискете, съемный дисковый накопитель, флэш-память, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ (RAM)—  
15 СОЗУ (SRAM), ОЗУ с расширенным выводом данных (EDO RAM), синхронное ДОЗУ (SDRAM), синхронное динамическое ОЗУ с двойной скоростью (DDR SDRAM), память типа RDRAM и т. д.), ПЗУ (ROM) (ППЗУ (PROM), ЭСППЗУ (EEPROM) и т. д.), и прочее. Подсистема 1212 хранения данных может состоять исключительно из энергозависимой памяти в одном варианте осуществления.  
20 Подсистема 1212 хранения данных может хранить программные инструкции, выполняемые вычислительным устройством 1210 при помощи блока 1250 обработки данных, включая программные инструкции, выполняемые, чтобы инициировать реализацию различных способов, раскрытых в настоящем документе, вычислительным устройством 1210.

Интерфейс 1230 ввода-вывода может представлять собой один или более  
25 интерфейсов и быть любым из различных типов интерфейсов, выполненных с возможностью подсоединения и обмена данными с другими устройствами в соответствии с различными вариантами осуществления. В одном варианте осуществления интерфейс 1230 ввода-вывода представляет собой мостовую  
30 микросхему от системной («передней») до одной или более внутренних («задних») шин. Интерфейс 1230 ввода-вывода может быть соединен с одним или более устройствами 1240 ввода-вывода при помощи одной или более соответствующих шин или других интерфейсов. Примеры устройств ввода-вывода включают в себя устройства хранения данных (жесткий диск, оптический  
35 диск, съемный флэш-накопитель, запоминающая матрица, сеть хранения данных (SAN) или сопряженный контроллер), сетевые интерфейсные устройства,

пользовательские интерфейсные устройства или другие устройства (например, графические, звуковые и т. д.).

Также предусматриваются различные изделия, на которых хранятся инструкции (и, опционально, данные), выполняемые вычислительной системой для реализации способов, раскрытых в настоящем документе. Эти изделия включают в себя долговременные машиночитаемые носители памяти. Предусматриваемые долговременные машиночитаемые носители памяти включают в себя части подсистемы памяти вычислительного устройства, а также носители информации или носители памяти, такие как магнитные носители (например, диск) или оптические носители (например, ленточный накопитель, DVD и сопутствующие технологии и т. д.). Долговременные машиночитаемые носители могут представлять собой энергозависимое или энергонезависимое запоминающее устройство.

\*\*\*

Хотя выше раскрыты конкретные варианты осуществления, эти варианты осуществления не ограничивают объем раскрытия настоящего изобретения, даже если в связи с каким-либо конкретным признаком описан только один вариант осуществления. Примеры признаков, представленные в настоящем раскрытии изобретения, предназначены для целей иллюстрации, а не ограничения, если не оговорено противное. Приведенное выше описание охватывает такие альтернативные варианты, модификации и эквиваленты, которые будут понятны специалисту, воспользовавшемуся раскрытым здесь изобретением.

В объем настоящего раскрытия изобретения входит любой признак или комбинация признаков, раскрытых в документе (явно или неявно), или любое их обобщение, независимо от того, смягчают ли они все или любые из рассматриваемых здесь проблем, или нет. Соответственно, при рассмотрении дела по данной заявке (или по заявке, испрашивающей приоритет по ней) могут быть сформулированы новые пункты формулы изобретения для любой такой комбинации признаков. В частности, в контексте приложенной формулы изобретения, признаки из зависимых пунктов формулы изобретения могут комбинироваться с признаками из независимых пунктов формулы изобретения, а признаки из соответствующих независимых пунктов могут комбинироваться любым надлежащим образом, а не просто в конкретных комбинациях, перечисленных в приложенной формуле изобретения.

ФОРМУЛИРОВКИ НЕОГРАНИЧИВАЮЩИХ ПРИЗНАКОВ

1. Способ, включающий в себя следующие этапы:

осуществляют доступ, при помощи компьютерной системы, к сейсмическим данным для геологической формации, причем сейсмические данные записывают при помощи одного или более датчиков во время сейсмической разведки, при которой один или более из множества вибрационных источников были использованы для реализации первого свип-сигнала в первом временном интервале;

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения первого местоположения геологической формации с использованием корреляции только первой части первого свип-сигнала с сейсмическими данными; и

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения второго местоположения геологической формации с использованием корреляции всего первого свип-сигнала с сейсмическими данными.

2. Способ согласно формулировке 1, дополнительно включающий в себя следующий этап:

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения третьего местоположения геологической формации с использованием корреляции только второй части первого свип-сигнала с сейсмическими данными; причем второе местоположение находится на второй глубине, большей, чем первая и третья глубины, связанные с первым и третьим местоположениями соответственно.

3. Способ согласно формулировке 1 или 2, отличающийся тем, что при построении изображения первого местоположения генерируются первые данные изображения с первым пространственным разрешением и первым отношением сигнал-помеха; и тем, что при построении изображения второго местоположения генерируются вторые данные изображения со вторым пространственным разрешением, более низким, чем первое пространственное разрешение, и вторым отношением сигнал-помеха, большим, чем первое отношение сигнал-помеха.

4. Способ согласно любой из предшествующих формулировок, отличающийся тем, что первый свип-сигнал представляет собой линейный свип-сигнал от первой частоты до второй частоты.

5. Способ согласно любой из формулировок 1–3, отличающийся тем, что первый свип-сигнал представляет собой случайный свип-сигнал, который включает в себя псевдослучайное распределение частотных составляющих в данном частотном диапазоне.

6. Способ согласно любой из предшествующих формулировок, дополнительно включающий в себя следующий этап:

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения третьего местоположения геологической формации с использованием корреляции второй части первого свип-сигнала с сейсмическими данными; 5  
причем вторая часть первого свип-сигнала больше, чем первая часть первого свип-сигнала, и причем третье местоположение находится на третьей глубине, большей, чем глубина первого местоположения.

7. Долговременный машиночитаемый носитель данных, содержащий 10  
хранящиеся на нем инструкции, выполняемые компьютерной системой для осуществления операций, включающих в себя следующее:

осуществляют доступ, при помощи компьютерной системы, к сейсмическим данным для геологической формации, причем сейсмические данные записывают при помощи одного или более датчиков во время 15  
сейсмической разведки, при которой один или более из множества вибрационных источников были использованы для реализации первого свип-сигнала в первом временном интервале;

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения первого местоположения геологической формации с использованием корреляции 20  
только первой части первого свип-сигнала с сейсмическими данными; и

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения второго, более глубинного местоположения геологической формации с использованием корреляции всего первого свип-сигнала с сейсмическими 25  
данными.

8. Долговременный машиночитаемый носитель данных согласно 25  
формулировке 7, отличающийся тем, что при построении изображения первого местоположения генерируются первые данные изображения с первым пространственным разрешением и первым отношением сигнал-помеха; и тем, что при построении изображения второго местоположения генерируются вторые 30  
данные изображения со вторым пространственным разрешением, более низким, чем первое пространственное разрешение, и вторым отношением сигнал-помеха, большим, чем первое отношение сигнал-помеха.

9. Долговременный машиночитаемый носитель данных согласно 35  
формулировке 7 или формулировке 8, отличающийся тем, что первый свип-сигнал представляет собой линейный свип-сигнал от первой частоты до второй частоты.



10. Долговременный машиночитаемый носитель данных согласно любой из формулировок 7–9, отличающийся тем, что первая часть первого свип-сигнала включает в себя поднабор частотных составляющих, входящих в весь первый свип-сигнал.

5 11. Долговременный машиночитаемый носитель данных согласно любой из формулировок 7–10, отличающийся тем, что первое местоположение соответствует первому удалению между первым из одного или более вибрационных источников и первым из одного или более датчиков, применяемых для записи сейсмических данных; и тем, что второе, более глубинное  
10 местоположение соответствует второму удалению между первым из одного или более вибрационных источников и вторым из одного или более датчиков, применяемых для записи сейсмических данных.

12. Долговременный машиночитаемый носитель данных согласно любой из формулировок 7–11, отличающийся тем, что во время сейсмической разведки  
15 один или более вибрационных источников применялись для реализации второго свип-сигнала после завершения первого свип-сигнала; и тем, что операции дополнительно включают в себя построение, при помощи компьютерной системы, изображения третьего местоположения геологической формации с использованием корреляции комбинации первого свип-сигнала и второго свип-  
20 сигнала с сейсмическими данными.

13. Долговременный машиночитаемый носитель данных согласно любой из формулировок 7–12, отличающийся тем, что во время сейсмической разведки низкочастотный вибрационный источник из множества вибрационных источников применялся для реализации низкочастотной части первого свип-сигнала, а  
25 высокочастотный вибрационный источник из множества вибрационных источников применялся для реализации высокочастотной части первого свип-сигнала.

14. Способ получения результата обработки геофизических данных, включающий в себя следующие этапы:

30 буксируют множество сейсмических кос, каждая из которых содержит множество сейсмических датчиков;

буксируют множество вибрационных источников;

реализуют, при помощи одного или более из множества вибрационных источников, первый свип-сигнал в течение первого временного интервала; и

35 записывают в первом временном интервале, при помощи множества сейсмических датчиков, сейсмические данные на материальный машиночитаемый носитель данных, тем самым, создавая результат обработки

геофизических данных, причем сейсмические данные основаны на сейсмических сигналах, генерируемых путем реализации первого свип-сигнала.

15. Способ согласно формулировке 14, отличающийся тем, что сейсмические данные записывают таким образом, чтобы обеспечить  
5 возможность обработки для:

построения изображения первого местоположения геологической формации на основе корреляции только первой части первого свип-сигнала с сейсмическими данными; и

10 построения изображения второго местоположения геологической формации на основе корреляции всего первого свип-сигнала с сейсмическими данными;

причем второе местоположение находится на большей глубине, чем первое местоположение.

16. Способ согласно формулировке 14 или формулировке 15, отличающийся тем, что реализация первого свип-сигнала включает в себя  
15 следующий этап:

приводят в действие первый вибрационный источник для генерации сейсмических сигналов, причем сейсмические сигналы начинаются на первой частоте и линейно изменяются в направлении второй частоты.

20 17. Способ согласно формулировке 16, отличающийся тем, что реализация первого свип-сигнала дополнительно включает в себя приведение в действие первого вибрационного источника для линейного возрастания сейсмических сигналов от первой частоты до второй частоты.

18. Способ согласно любому из формулировки 14 или формулировки 15, отличающийся тем, что реализация первого свип-сигнала включает в себя  
25 следующий этап:

приводят в действие первый вибрационный источник для генерации сейсмических сигналов, причем сейсмические сигналы включают в себя псевдослучайное распределение частотных составляющих в данном частотном  
30 диапазоне.

19. Способ согласно любой из формулировок 14–18, отличающийся тем, что множество вибрационных источников включает в себя низкочастотный вибрационный источник и высокочастотный вибрационный источник; причем реализация первого свип-сигнала включает в себя:

35 приведение в действие низкочастотного вибрационного источника в течение части первого временного интервала с целью реализации низкочастотной части первого свип-сигнала; и

последующее приведение в действие высокочастотного вибрационного источника в течение второй части первого временного интервала с целью реализации высокочастотной части первого свип-сигнала.

5 20. Способ согласно формулировке 19, отличающийся тем, что первая часть первого временного интервала имеет длительность, равную второй части первого временного интервала.

21. Способ согласно формулировке 19, отличающийся тем, что первая часть первого временного интервала длиннее, чем вторая часть первого временного интервала.

10 22. Способ согласно любой из формулировок 14–21, дополнительно включающий в себя следующий этапы:

реализуют, при помощи одного или более из множества вибрационных источников, второй свип-сигнал в течение второго временного интервала, причем реализация второго свип-сигнала предусматривает начало второго свип-сигнала сразу же по завершении первого свип-сигнала; и

15 записывают во втором временном интервале, при помощи множества сейсмических датчиков, сейсмические данные на материальный машиночитаемый носитель данных.

20 23. Способ согласно любой из формулировок 14–22, отличающийся тем, что запись включает в себя непрерывную запись сейсмических данных на материальный машиночитаемый носитель данных в первом временном интервале.

24. Способ согласно любой из формулировок 14–23, отличающийся тем, что реализация первого свип-сигнала включает в себя следующий этап:

25 реализуют, в первом временном интервале, множество линейных свип-сигналов от первой частоты до второй частоты.

25. Способ, включающий в себя следующие этапы:

30 осуществляют, при помощи компьютерной системы, доступ к сейсмическим данным для геологической формации, причем сейсмические данные записывают при помощи одного или более датчиков во время сейсмической разведки, при которой первый вибрационный источник из множества вибрационных источников был приведен в действие при помощи первого цифрового кода в течение по меньшей мере первого временного интервала, причем первый цифровой код включает в себя первое множество

35 подсекций, соответствующих частям первого временного интервала;

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения первого местоположения геологической формации с использованием корреляции

только первой подсекции из первого множества подсекций с сейсмическими данными; и

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения второго местоположения геологической формации с использованием корреляции  
5 двух или более из первого множества подсекций с сейсмическими данными.

26. Способ согласно формулировке 25, дополнительно включающий в себя следующий этап:

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения  
третьего местоположения геологической формации с использованием  
10 корреляции только второй подсекции из первого множества подсекций с сейсмическими данными; причем второе местоположение находится на второй глубине, большей, чем первая и третья глубины, связанные с первым и третьим местоположениями соответственно.

27. Способ согласно формулировке 25 или формулировке 26,  
15 отличающийся тем, что при построении изображения первого местоположения генерируются первые данные изображения с первым пространственным разрешением и первым отношением сигнал-помеха; и тем, что при построении изображения второго местоположения генерируются вторые данные изображения со вторым пространственным разрешением, более низким, чем  
20 первое пространственное разрешение, и вторым отношением сигнал-помеха, большим, чем первое отношение сигнал-помеха.

28. Способ согласно любой из формулировок 25–27, дополнительно включающий в себя следующий этап:

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения  
25 третьего местоположения геологической формации с использованием корреляции всего первого цифрового кода с сейсмическими данными, причем третье местоположение находится на третьей глубине, большей, чем первая и вторая глубины, связанные с первым и вторым местоположениями соответственно.

30 29. Способ согласно любой из формулировок 25–28, отличающийся тем, что во время сейсмической разведки второй вибрационный источник из множества вибрационных источников был приведен в действие при помощи второго цифрового кода в первом временном интервале, причем второй цифровой код включает в себя второе множество подсекций; и тем, что в течение  
35 временных интервалов, соответствующих по длине подсекциям в первом временном интервале, подсекции из второго множества подсекций

некоррелированы до по меньшей мере порогового уровня относительно подсекций из первого множества подсекций.

30. Способ согласно любой из формулировок 25–29, отличающийся тем, что при построении изображения первого и второго местоположений применяют различные соответствующие первый и второй датчики из одного или более датчиков.

31. Способ согласно любой из формулировок 25–30, отличающийся тем, что каждая из первого множества подсекций представляет собой код Голда.

32. Способ согласно любой из формулировок 25–31, отличающийся тем, что первый цифровой код представляет собой код Голда.

33. Способ согласно любой из формулировок 25–32, отличающийся тем, что во время сейсмической разведки первый вибрационный источник был последовательно приведен в действие при помощи второго цифрового кода в течение по меньшей мере второго временного интервала; причем способ дополнительно включает в себя следующий этап:

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения третьего местоположения геологической формации с использованием корреляции комбинации первого и второго цифровых кодов с сейсмическими данными.

34. Долговременный машиночитаемый носитель данных, содержащий хранящиеся на нем инструкции, выполняемые компьютерной системой для осуществления операций, включающих в себя следующее:

осуществляют, при помощи компьютерной системы, доступ к сейсмическим данным для геологической формации, причем сейсмические данные записывают при помощи одного или более датчиков во время сейсмической разведки, при которой первый вибрационный источник из множества вибрационных источников был приведен в действие при помощи первого цифрового кода в течение по меньшей мере первого временного интервала, причем первый цифровой код включает в себя первое множество подсекций, соответствующих частям первого временного интервала;

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения первого местоположения геологической формации с использованием корреляции только одной из первого множества подсекций с сейсмическими данными; и

выполняют, при помощи компьютерной системы, построение изображения второго местоположения геологической формации с использованием корреляции двух или более из первого множества подсекций с сейсмическими данными.

35. Долговременный машиночитаемый носитель данных согласно формулировке 34, отличающийся тем, что первое местоположение находится на первой глубине геологической формации; и тем, что второе местоположение находится на второй глубине геологической формации, большей, чем первая глубина.

36. Долговременный машиночитаемый носитель данных согласно формулировке 34 или формулировке 35, отличающийся тем, что при построении изображения первого местоположения генерируются первые данные изображений с первым пространственным разрешением и первым отношением сигнал-помеха; и тем, что при построении изображения второго местоположения генерируются вторые данные изображения со вторым пространственным разрешением, более низким, чем первое пространственное разрешение, и вторым отношением сигнал-помеха, большим, чем первое отношение сигнал-помеха.

37. Долговременный машиночитаемый носитель данных согласно любой из формулировок 34–36, отличающийся тем, что во время сейсмической разведки второй вибрационный источник из множества вибрационных источников был приведен в действие при помощи второго цифрового кода в первом временном интервале, причем второй цифровой код включает в себя второе множество подсекций; и тем, что в течение временных интервалов, соответствующих по длине подсекциям в первом временном интервале, подсекции из второго множества подсекций некоррелированы до по меньшей мере порогового уровня относительно подсекций из первого множества подсекций.

38. Долговременный машиночитаемый носитель данных согласно любой из формулировок 34–37, отличающийся тем, что подсекции из первого множества подсекций является некоррелированными до по меньшей мере порогового уровня относительно других подсекций из первого множества подсекций.

39. Долговременный машиночитаемый носитель данных согласно любой из формулировок 34–38, дополнительно содержащий:

выполнение, при помощи компьютерной системы, построения изображения третьего местоположения геологической формации с использованием корреляции всего первого цифрового кода с сейсмическими данными.

40. Долговременный машиночитаемый носитель данных согласно любой из формулировок 34–39, дополнительно содержащий:

выполнение, при помощи компьютерной системы, построение изображения четвертого местоположения геологической формации с

использованием корреляции части одного из первого множества подсекций с сейсмическими данными.

41. Способ получения результата обработки геофизических данных, включающий в себя следующие этапы:

5 буксируют множество сейсмических кос, каждая из которых содержит множество сейсмических датчиков;

буксируют множество вибрационных источников;

приводят в действие два или более вибрационных источников из множества вибрационных источников в первом временном интервале, причем

10 приведение в действие включает в себя:

приведение в действие первого вибрационного источника при помощи первого цифрового кода, который включает в себя первое множество подсекций, соответствующих частям первого временного интервала, причем приведение в действие первого вибрационного источника включает в себя непрерывное приведение в действие первого

15 вибрационного источника в течение нескольких итераций некоторых из первого множества подсекций; и

приведение в действие второго вибрационного источника при помощи второго цифрового кода, который включает в себя второе множество подсекций, где подсекции из второго множества подсекций некоррелированы до по меньшей мере порогового уровня относительно

20 подсекций из первого множества подсекций; и

запись в течение первого временного интервала, при помощи множества сейсмических датчиков, сейсмических данных на материальный

25 машиночитаемый носитель данных, тем самым, создавая результат обработки геофизических данных, причем сейсмические данные основаны на сейсмических сигналах, генерируемых путем приведения в действие первого вибрационного источника при помощи первого цифрового кода и второго вибрационного источника при помощи второго цифрового кода.

30 42. Способ согласно формулировке 41, отличающийся тем, что сейсмические данные записывают таким образом, чтобы обеспечить возможность обработки для:

построения изображения первого местоположения геологической формации с использованием корреляции только одной из первого множества

35 подсекций с сейсмическими данными; и

построения изображения второго местоположения геологической формации с использованием корреляции двух или более из первого множества подсекций с сейсмическими данными.

5 43. Способ согласно формулировке 41 или формулировке 42, отличающийся тем, что первая подсекция из первого множества подсекций представляет собой первый код Голда, и тем, что вторая подсекция из первого множества подсекций представляет собой второй код Голда.

10 44. Способ согласно формулировке 43, отличающийся тем, что приведение в действие первого вибрационного источника дополнительно включает в себя следующие этапы:

приводят в действие первый вибрационный источник при помощи первого кода Голда в течение первой части первого временного интервала; и

затем приводят в действие первый вибрационный источник при помощи второго кода Голда в течение второй части первого временного интервала.

15 45. Способ согласно любой из формулировок 41–44, отличающийся тем, что каждая из второго множества подсекций является некоррелированной до по меньшей мере порогового уровня относительно каждой из первого множества подсекций.

20 46. Способ согласно любому из формулировок 41–45, отличающийся тем, что первая подсекция из первого множества подсекций имеет длину, отличную от второй подсекции из первого множества подсекций.

25 47. Способ согласно любой из формулировок 41–46, отличающийся тем, что запись включает в себя непрерывную запись сейсмических данных на материальный машиночитаемый носитель данных в первом временном интервале.

48. Система, содержащая:

множество сейсмических кос, каждая из которых включает в себя множество сейсмических датчиков;

множество вибрационных источников;

30 управляющее оборудование, выполненное с возможностью:

реализации, при помощи первого вибрационного источника из множества вибрационных источников, первого свип-сигнала в течение первого временного интервала, причем первый свип-сигнал включает в себя первое множество суб-свип-сигналов, соответствующих частям первого временного интервала; и

35 записи в первом временном интервале, при помощи множества сейсмических датчиков, сейсмических данных на материальный



машиночитаемый носитель данных, причем сейсмические данные основаны на сейсмических сигналах, генерируемых путем реализации первого свип-сигнала.

49. Система согласно формулировке 48, отличающаяся тем, что сейсмические данные записываются таким образом, чтобы обеспечить возможность обработки для:

построения изображения первого местоположения геологической формации с использованием корреляции только одного из первого множества суб-свип-сигналов с сейсмическими данными; и

10 построения изображения второго местоположения геологической формации с использованием корреляции двух или более из первого множества суб-свип-сигналов с сейсмическими данными.

50. Система согласно формулировке 48 или формулировке 49, отличающаяся тем, что реализация первого свип-сигнала включает в себя следующие этапы:

реализуют при помощи первого вибрационного источника первый суб-свип-сигнал в течение первой части первого временного интервала, причем реализация первого суб-свип-сигнала включает в себя активацию первого вибрационного источника на основе первого цифрового кода; и

20 затем реализуют при помощи первого вибрационного источника второй суб-свип-сигнал в течение второй части первого временного интервала, причем реализация второго суб-свип-сигнала включает в себя активацию первого вибрационного источника на основе второго цифрового кода; и

25 причем сейсмические данные включают в себя данные, основанные на первом суб-свип-сигнале и втором суб-свип-сигнале.

51. Система согласно любой из формулировок 48–50, отличающаяся тем, что первый цифровой код и второй цифровой код некоррелированы до по меньшей мере порогового уровня.

30 52. Система согласно формулировке 51, отличающаяся тем, что первый цифровой код представляет собой первый код Голда, и тем, что второй цифровой код представляет собой второй код Голда.

53. Система согласно любой из формулировок 48–52, отличающаяся тем, что реализация первого свип-сигнала включает в себя непрерывное приведение в действие первого вибрационного источника на основе одного или более цифровых кодов в первом временном интервале.

54. Система согласно любой из формулировок 48–53, отличающаяся тем, что управляющее оборудование выполнено с возможностью:

реализации, при помощи второго вибрационного источника из множества вибрационных источников, второго свип-сигнала в первом временном интервале, причем второй свип-сигнал включает в себя второе множество суб-свип-сигналов, и причем сигналы из второго множества свип-свип-сигналов могут быть некоррелированными до по меньшей мере порогового уровня относительно сигналов из первого множества суб-свип-сигналов.

55. Система согласно формулировке 54, отличающаяся тем, что сигналы из второго множества свип-свип-сигналов имеют длительность, отличную сигналов из первого множества суб-свип-сигналов.

**ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Способ, включающий следующие этапы:

5 осуществляют доступ к сейсмическим данным, полученным при помощи одного или более датчиков во время сейсмической разведки на основе взаимодействия волн, генерируемых одним или более морскими вибраторами, с формацией геологической среды, причем волны были сгенерированы во время действия свип-сигнала, который включает в себя несколько суб-свип-сигналов;

10 обрабатывают сейсмические данные, используя часть свип-сигнала, выбранную в зависимости от глубины конкретного объекта в формации геологической среды, причем обработка включает в себя:

для первого объекта, коррелирование сейсмических данных с первым количеством суб-свип-сигналов; и

15 для второго объекта, более глубокого, чем первый объект, коррелирование сейсмических данных со вторым, бóльшим количеством суб-свип-сигналов.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что для первого объекта при обработке генерируют первые данные изображения, причем для второго объекта при обработке генерируют вторые данные изображения с меньшим пространственным разрешением и более высокой амплитудой относительно первых данных изображения.

3. Способ по п. 1 или п. 2, отличающийся тем, что второе, большее количество суб-свип-сигналов включает в себя все из нескольких суб-свип-сигналов в свип-сигнале.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что по меньшей мере два из нескольких суб-свип-сигналов представляют собой ортогональные свип-сигналы.

5. Способ по п. 4, отличающийся тем, что ортогональные свип-сигналы основаны на последовательностях Голда.

35 6. Способ по любому из пп. 1–3, отличающийся тем, что по меньшей мере один из нескольких суб-свип-сигналов представляет собой линейный свип-сигнал.

7. Способ по любому из пп. 1–3, отличающийся тем, что по меньшей мере один из нескольких суб-свип-сигналов основан на псевдошумовой (ПШ) последовательности.

5 8. Способ, включающий следующие этапы:

принимают выборку части данных для свип-сигнала, реализованного множеством морских вибраторов во время сейсмической разведки, для увеличения амплитуды сигнала или уменьшения расстояния до пункта взрыва данных изображения в зависимости от глубины объекта.

10

9. Способ по п. 8, отличающийся тем, что выбранная часть данных основана на глубине конкретного объекта.

10. Способ по п. 8 или п. 9, отличающийся тем, что выбранная часть  
15 данных содержит один суб-свип-сигнал.

11. Способ по любому из пп. 8–10, отличающийся тем, что выбранная часть данных содержит множество суб-свип-сигналов.

20 12. Способ по любому из пп. 8–11, отличающийся тем, что в соответствии с конкретным объектом, представляющим собой глубинный объект, генерируют данные изображения, имеющие большее расстояние между пунктами взрыва (РПВ) и более высокую амплитуду сигнала, чем данные изображения для малоглубинного объекта.

25

13. Способ, включающий следующие этапы:

осуществляют доступ к сейсмическим данным, полученным при помощи одного или более датчиков во время сейсмической разведки на основе взаимодействия волн, генерируемых одним или более морскими вибраторами, с  
30 формацией геологической среды, причем волны были сгенерированы во время действия свип-сигнала, который включает в себя несколько суб-свип-сигналов; и

обрабатывают сейсмические данные в зависимости от глубины конкретного объекта в формации геологической среды, причем для более  
глубинного объекта в формации геологической среды обработка включает в себя  
35 объединение увеличенного количества суб-свип-сигналов для обеспечения данных с более высокой амплитудой.

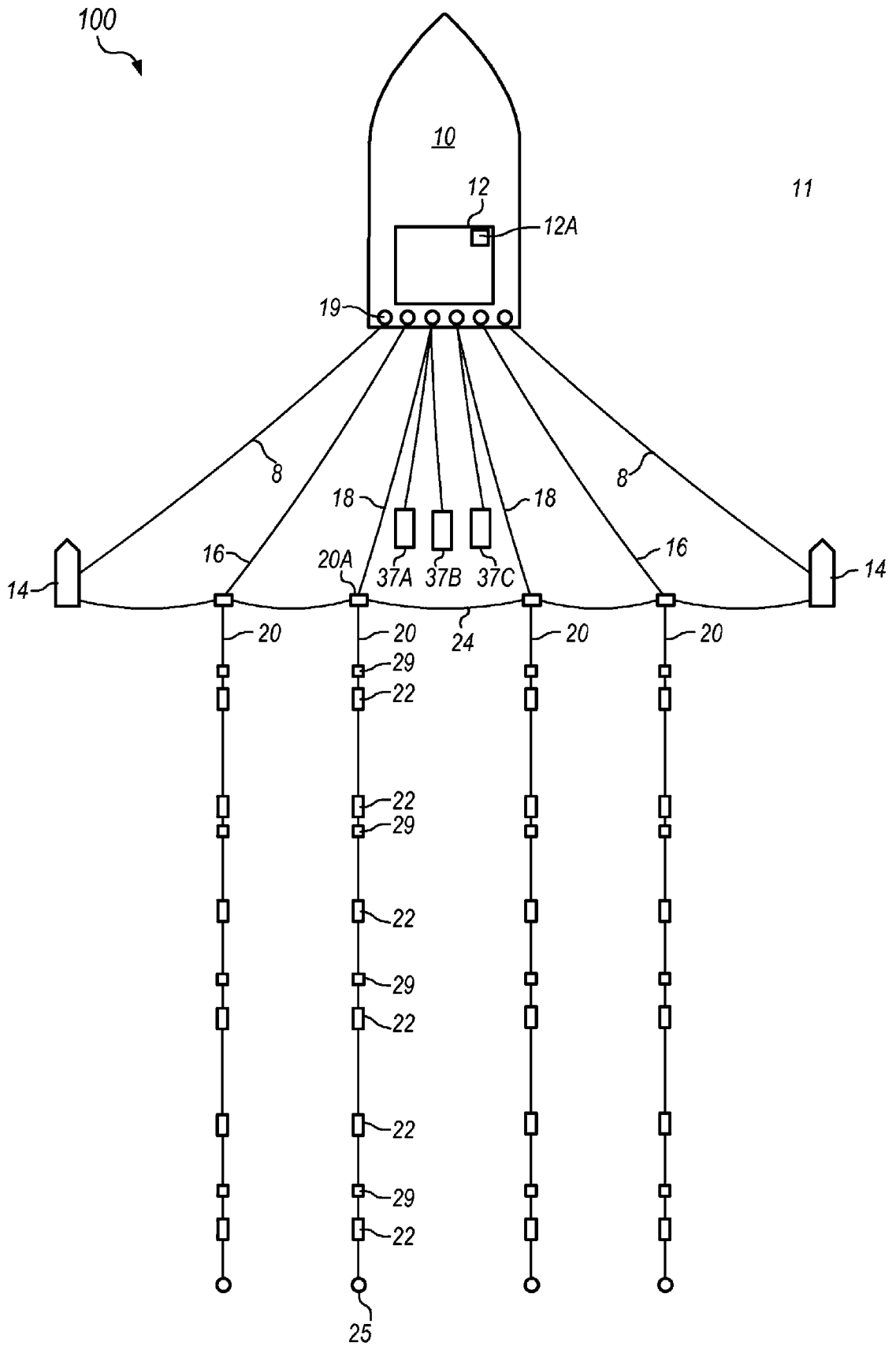
14. Способ по п. 13, отличающийся тем, что обработка дополнительно включает в себя следующие этапы:

для первого объекта, коррелирование сейсмических данных с первым количеством суб-сви́п-сигналов; и

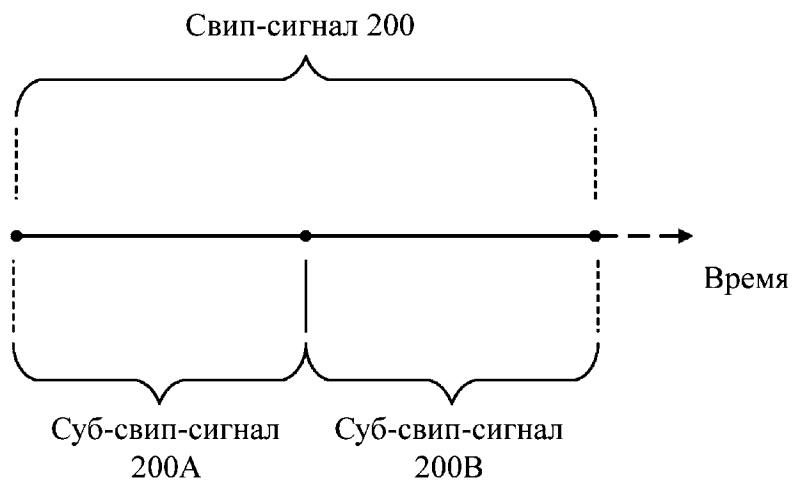
5 для второго объекта, более глубокого, чем первый объект, коррелирование сейсмических данных со вторым, бóльшим количеством суб-сви́п-сигналов.

15. Способ по п. 14, отличающийся тем, что для первого объекта при  
10 обработке генерируют первые данные изображения, причем для второго объекта при обработке генерируют вторые данные изображения с меньшим пространственным разрешением и более высокой амплитудой относительно первых данных изображения.

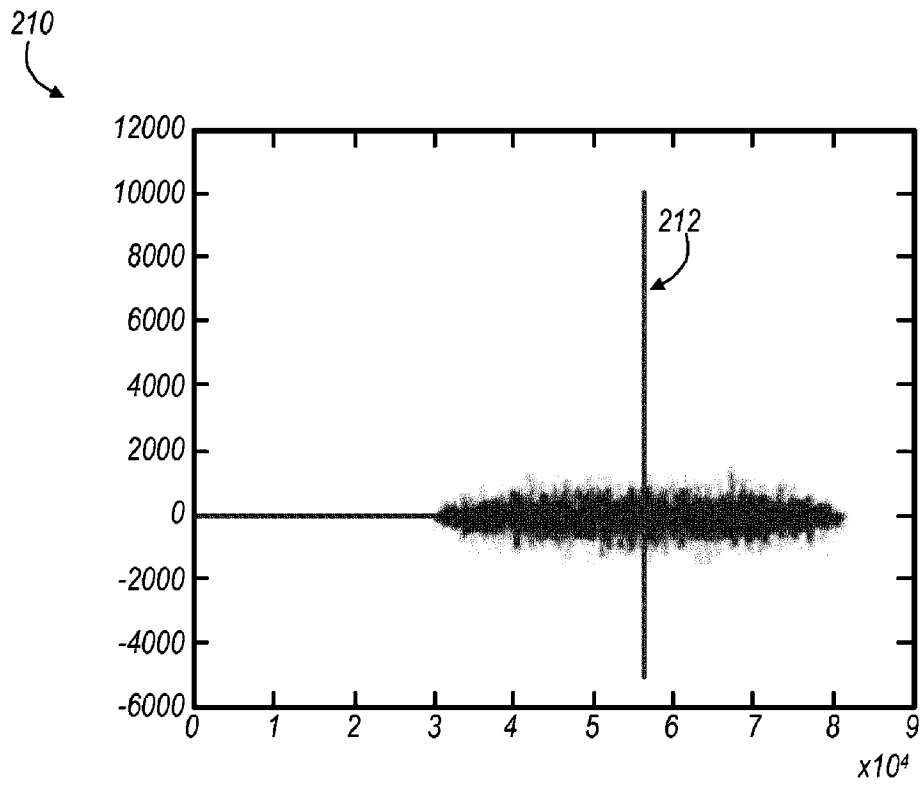
1



ФИГ. 1

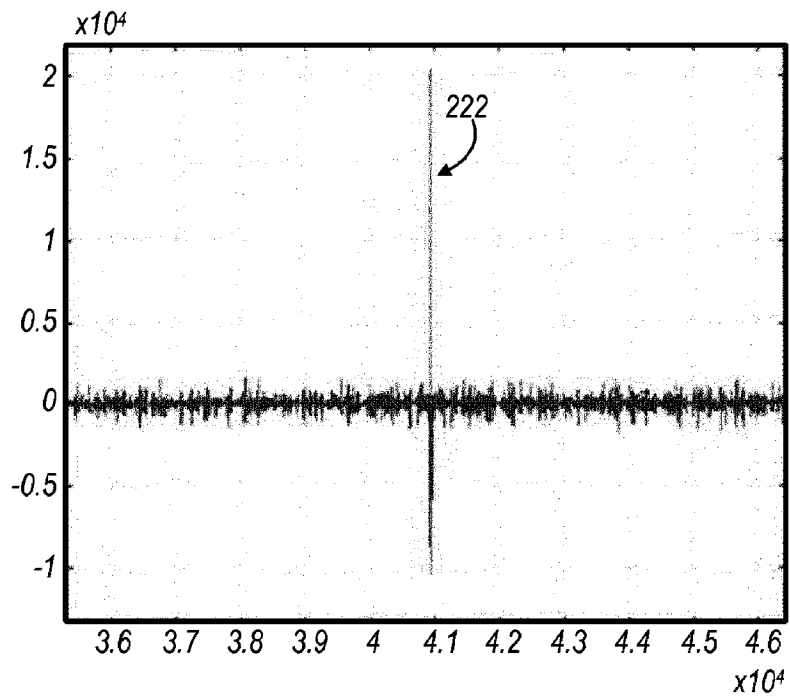


**ФИГ. 2А**

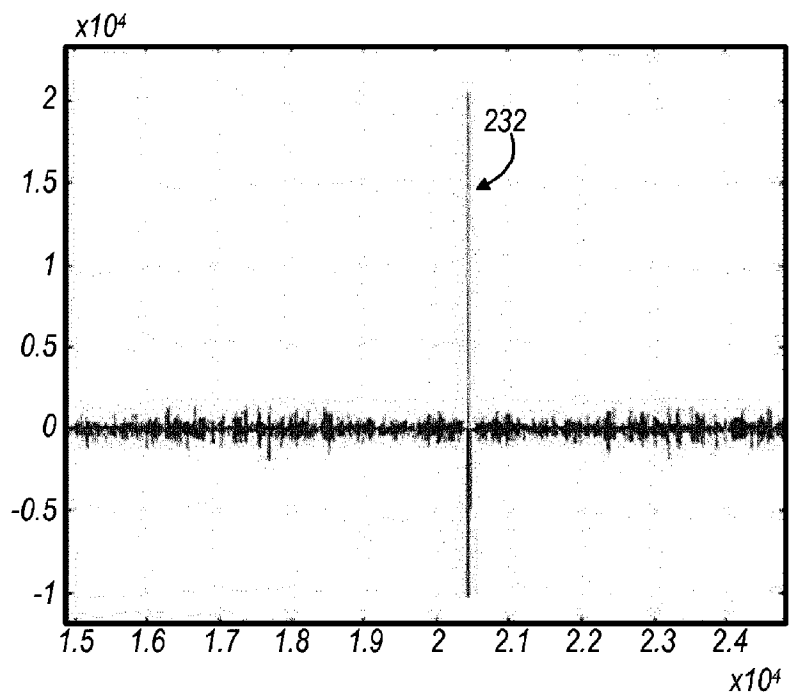
**ФИГ. 2В**



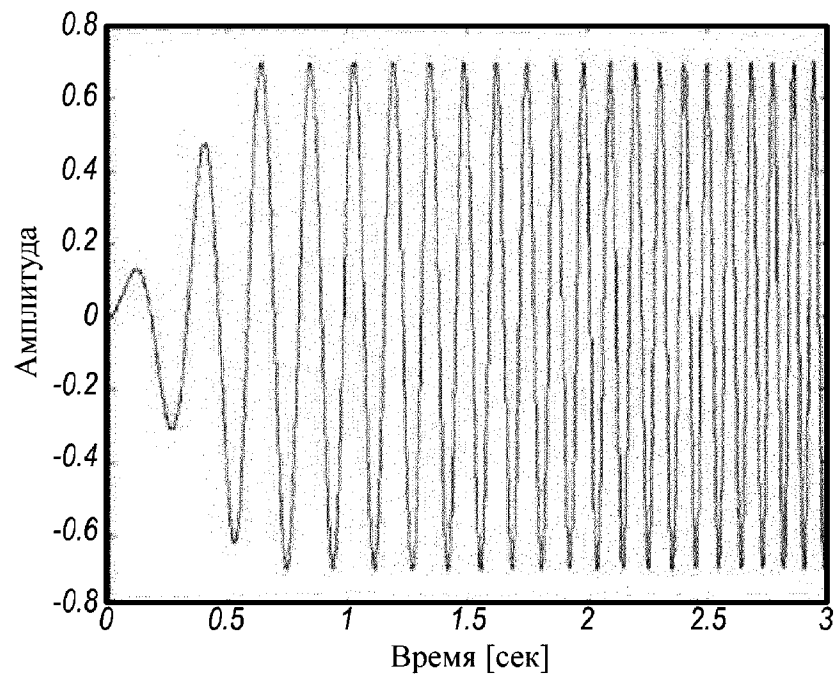
220



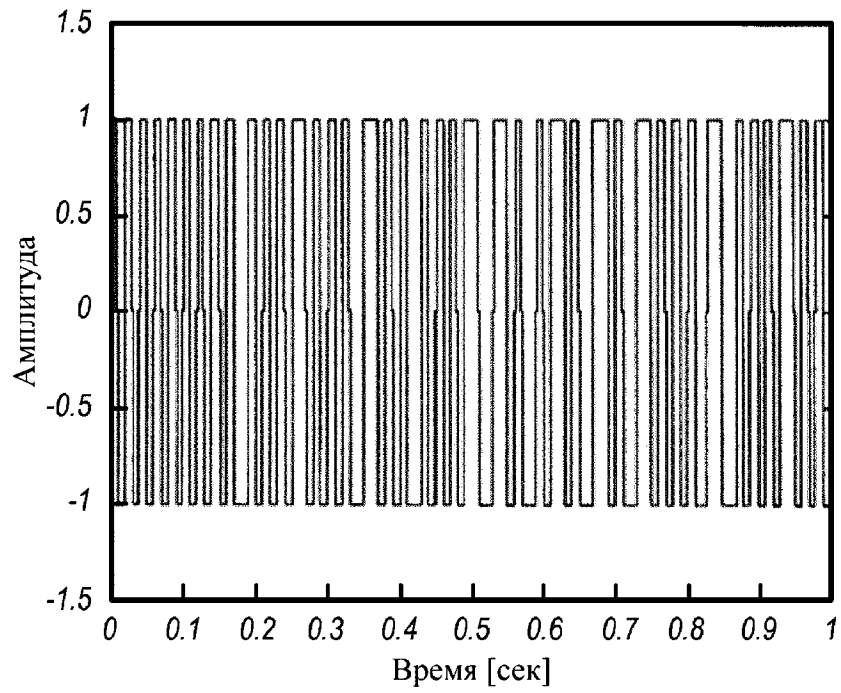
230



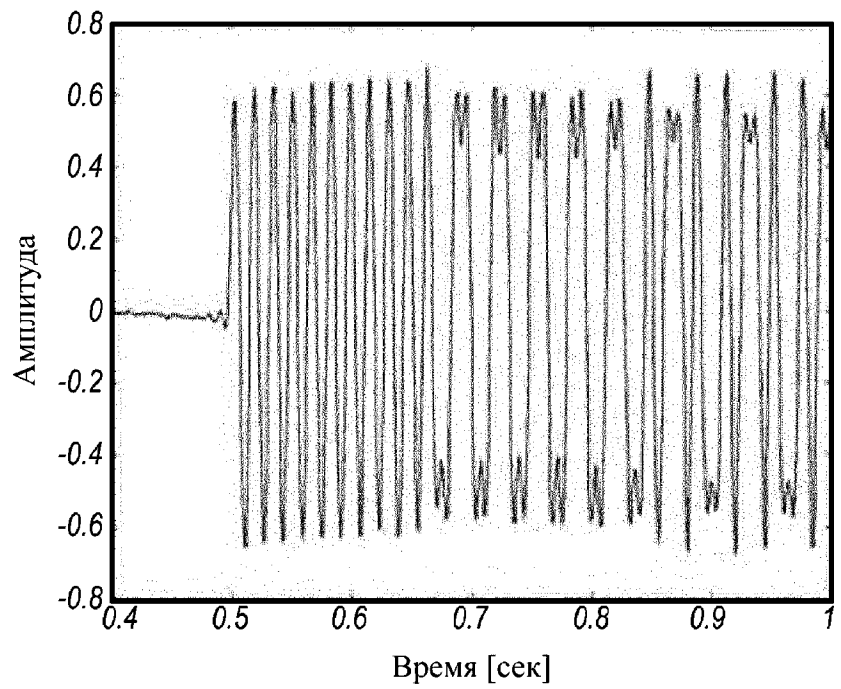
ФИГ. 2С

300  
↘

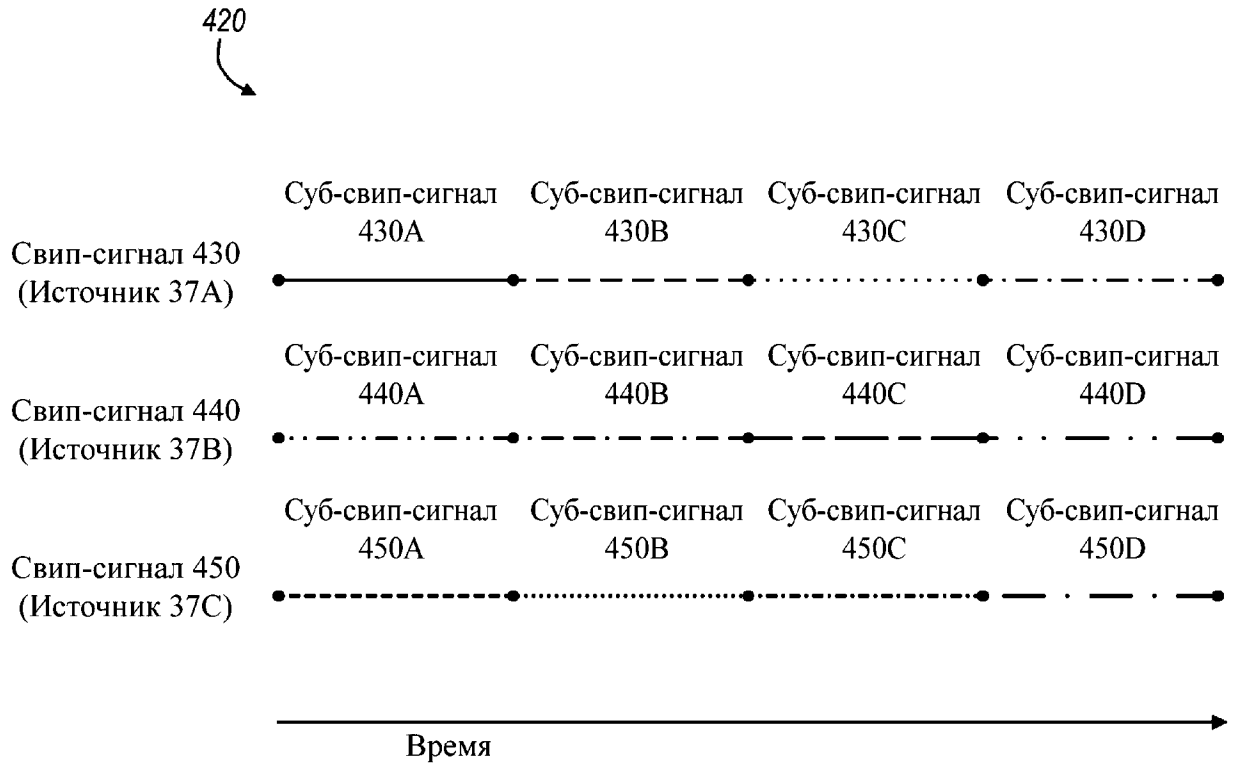
ФИГ. 3

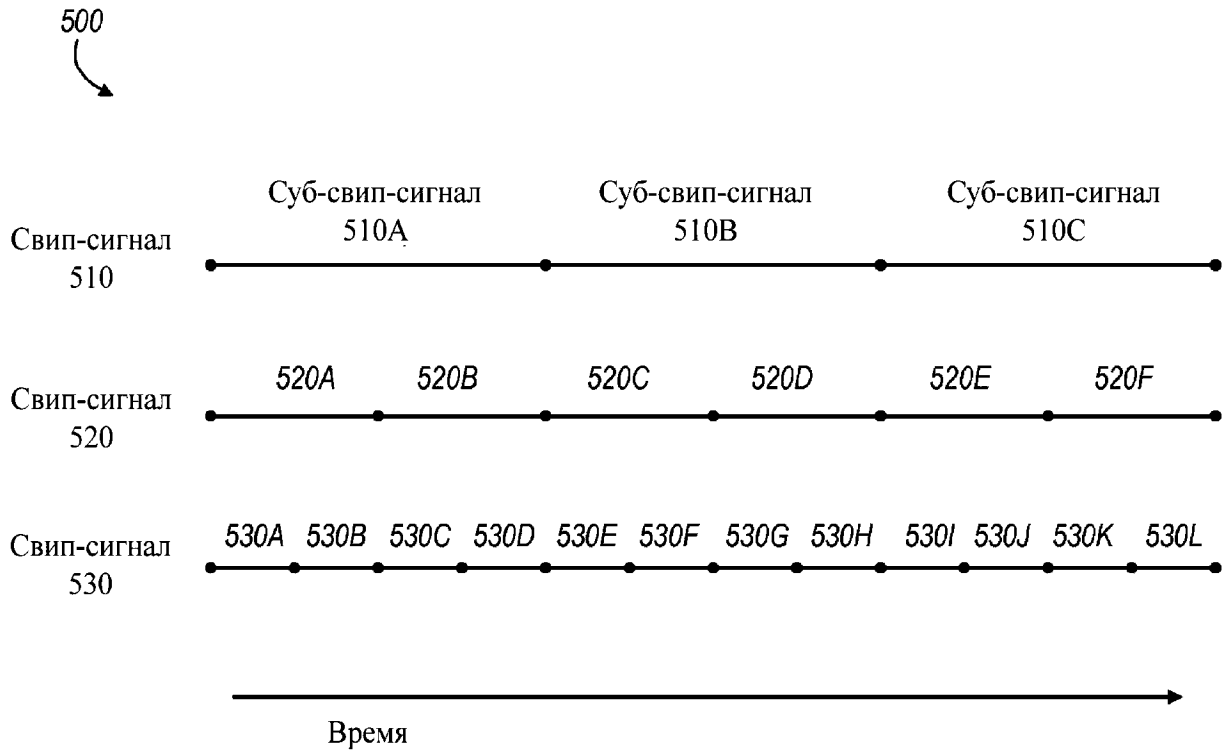
400  
↙

ФИГ. 4А

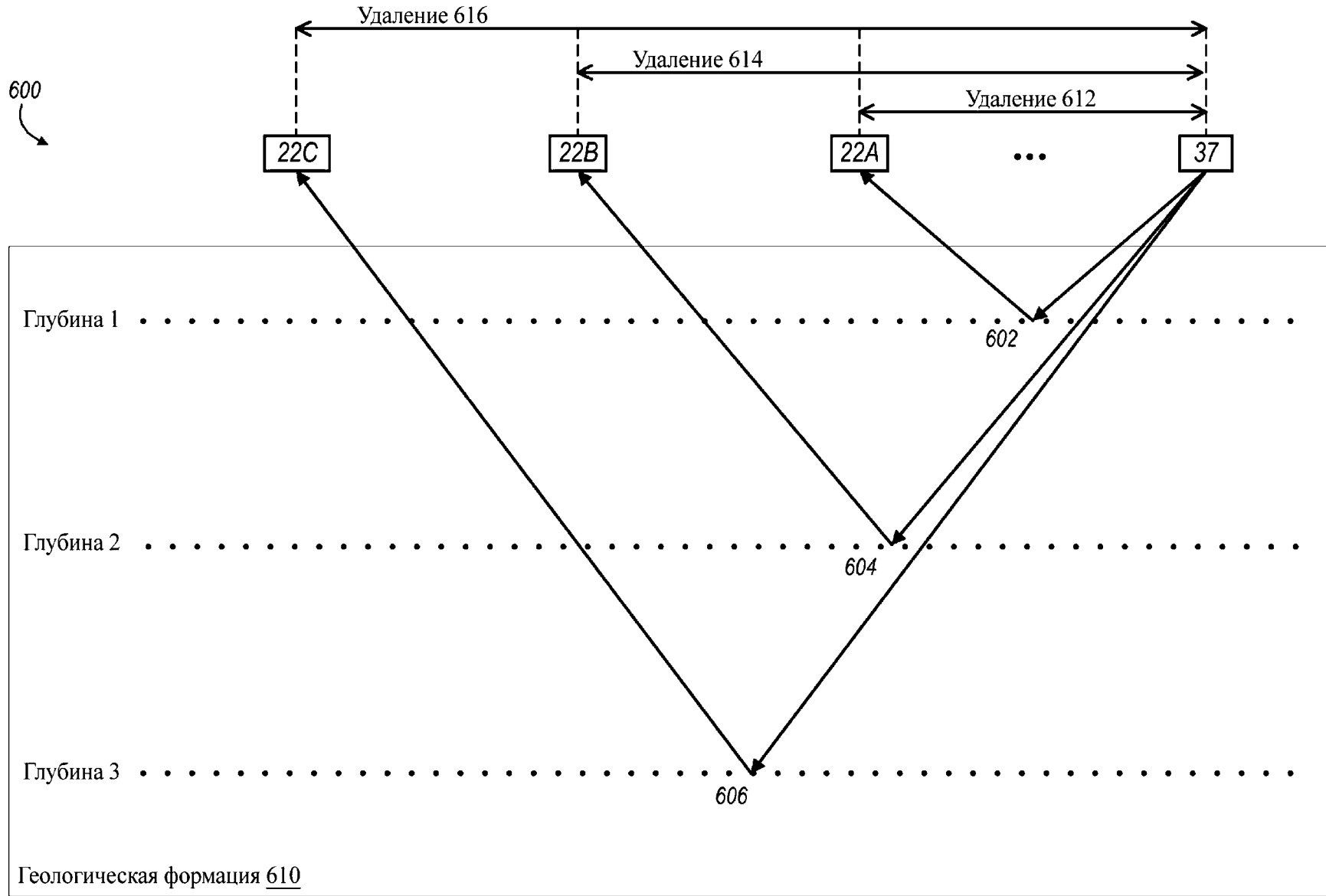
410  
↙

ФИГ. 4В

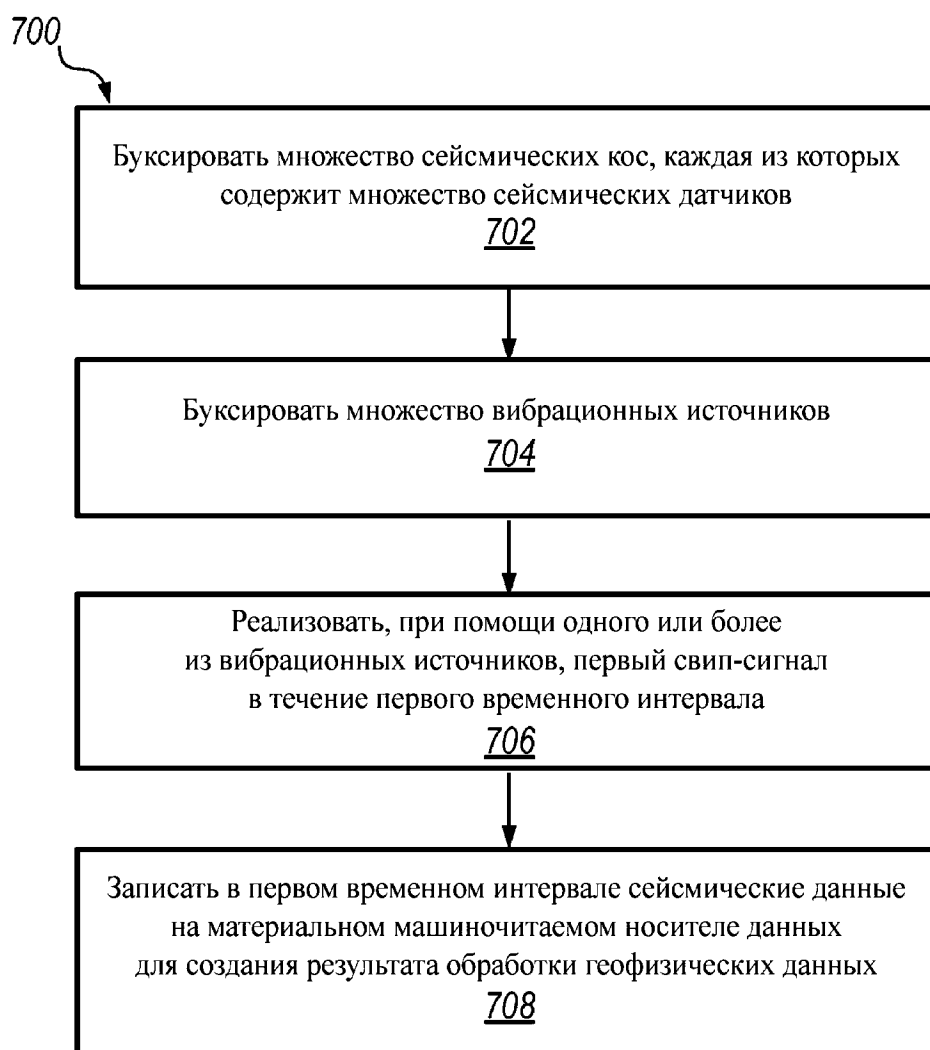
**ФИГ. 4С**



**ФИГ. 5**

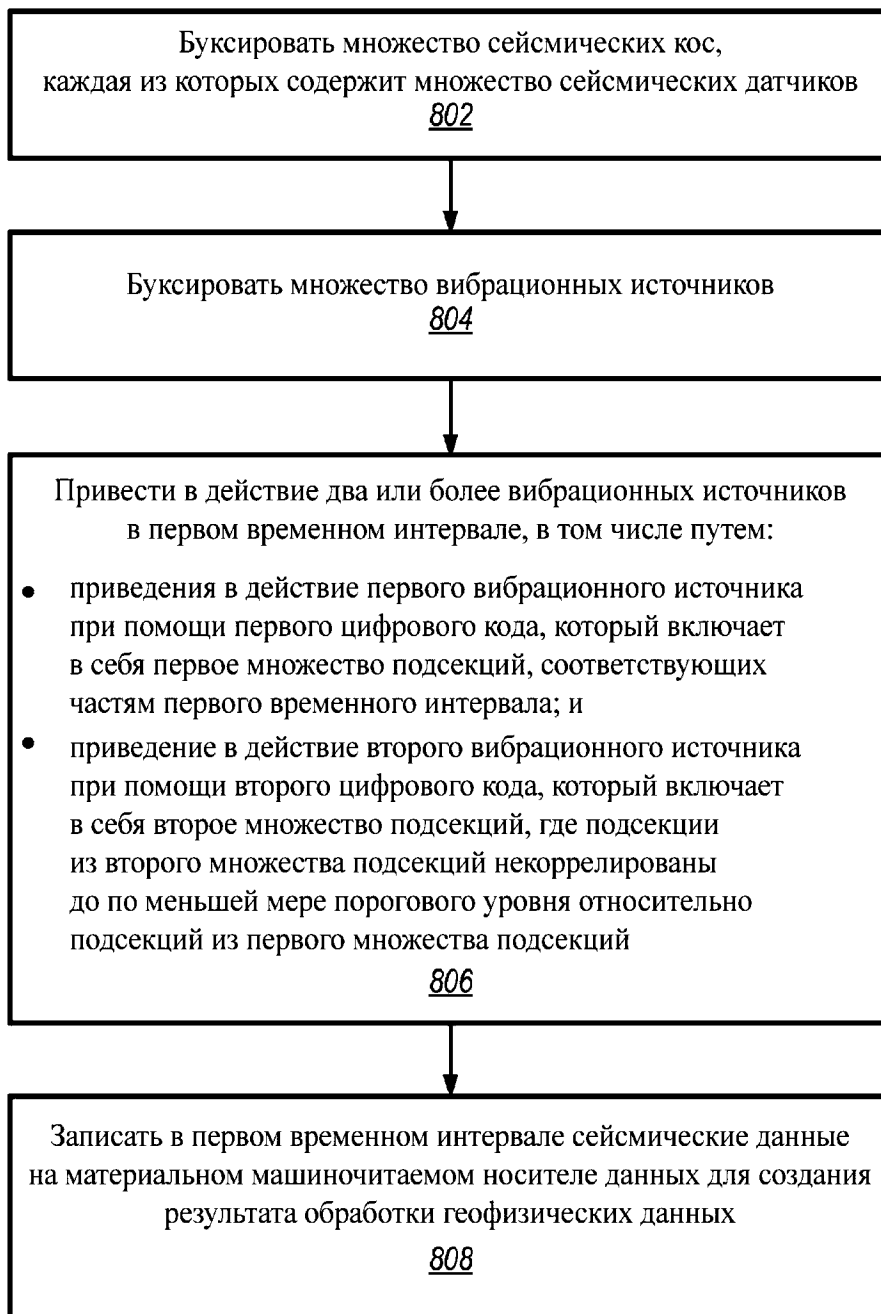


**ФИГ. 6**



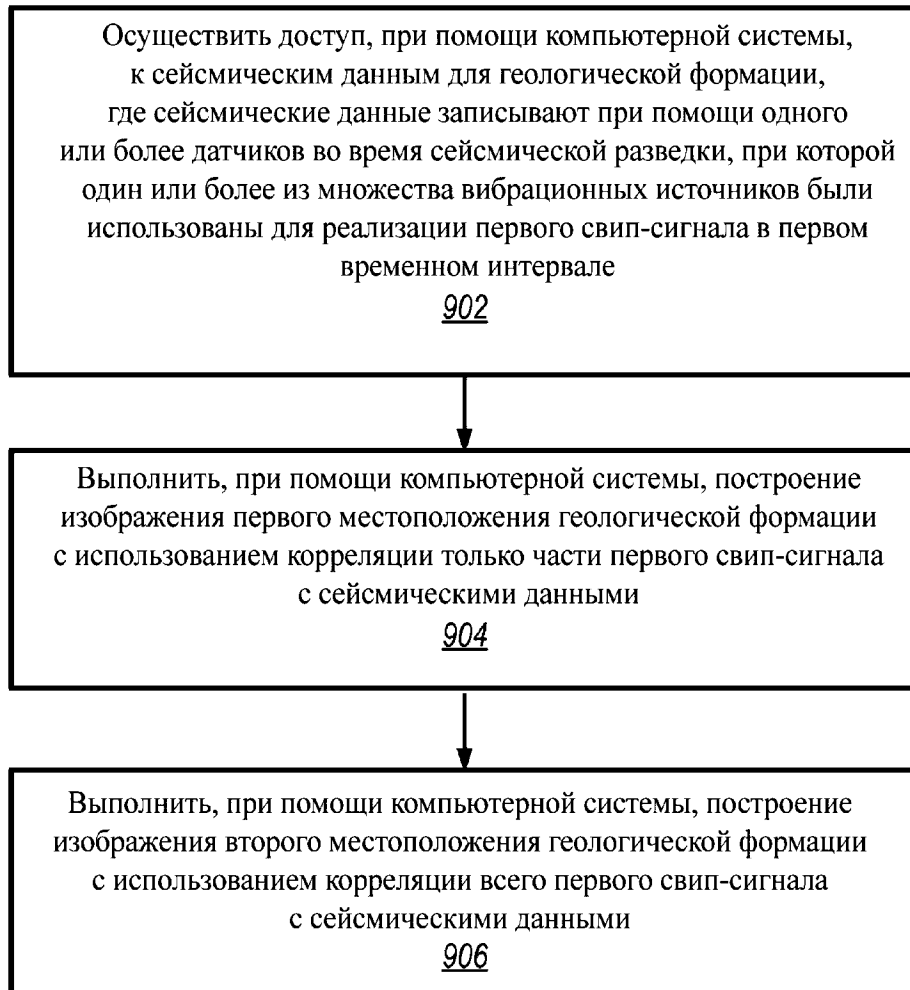
ФИГ. 7

800



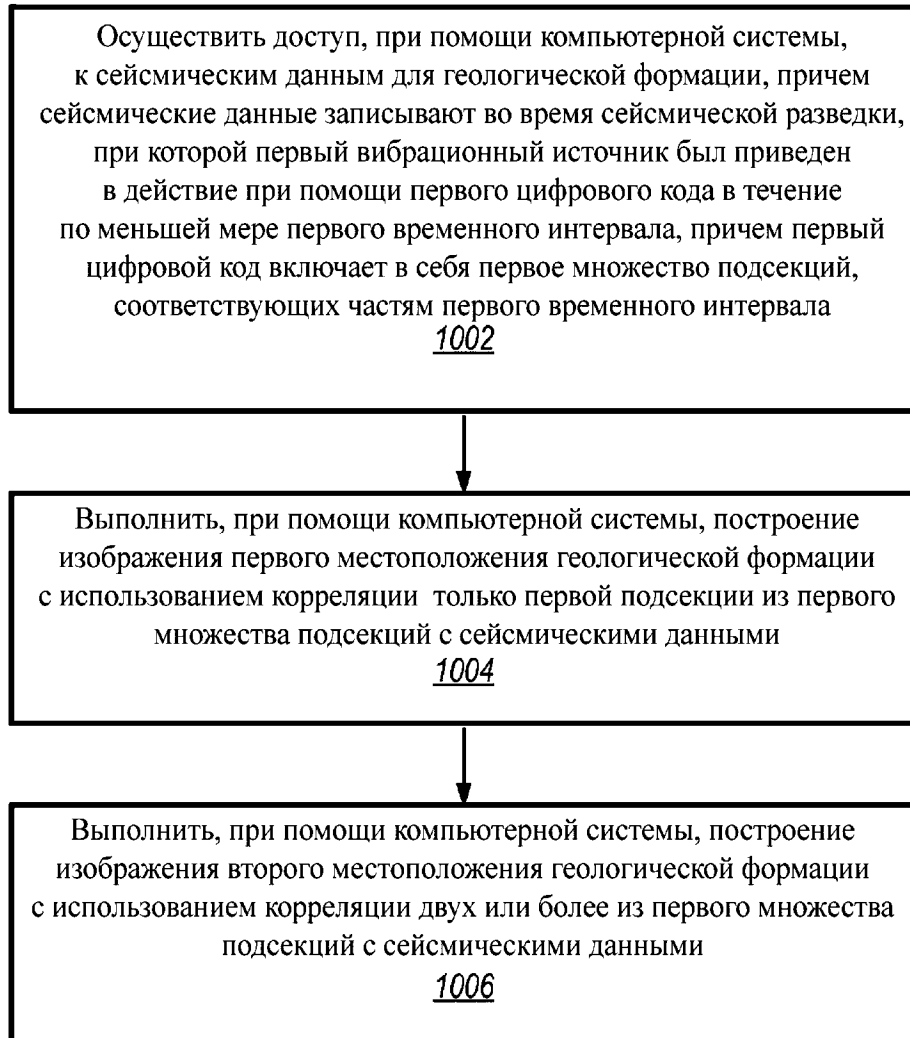
ФИГ. 8



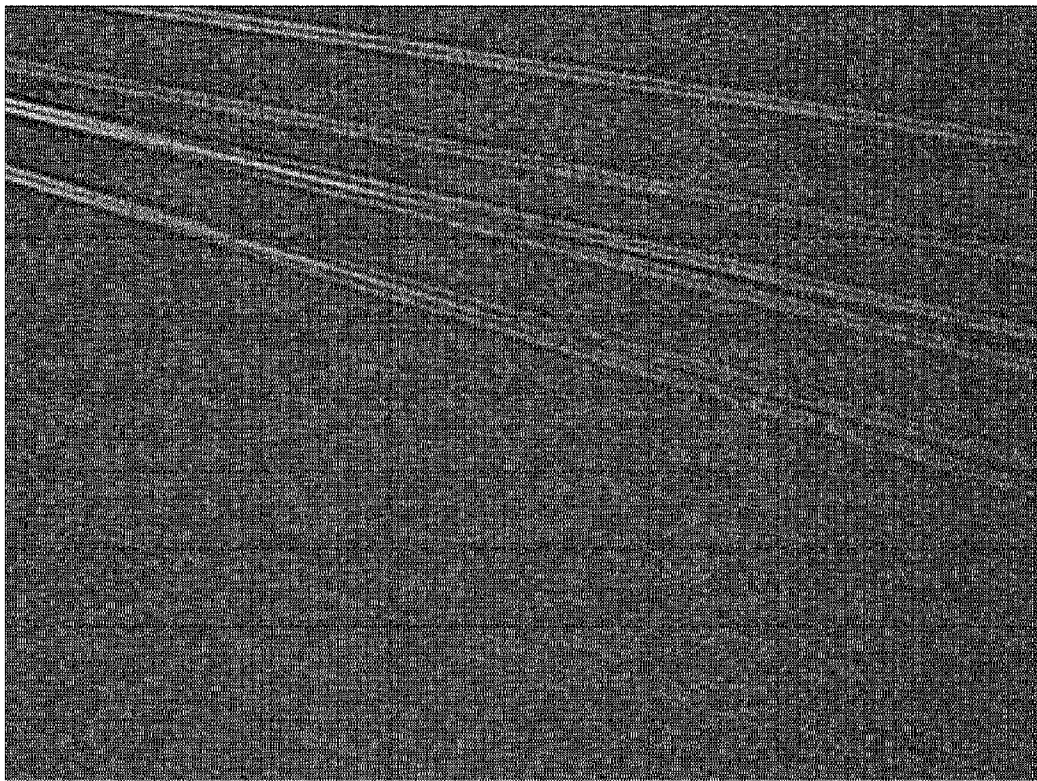
900  


ФИГ. 9

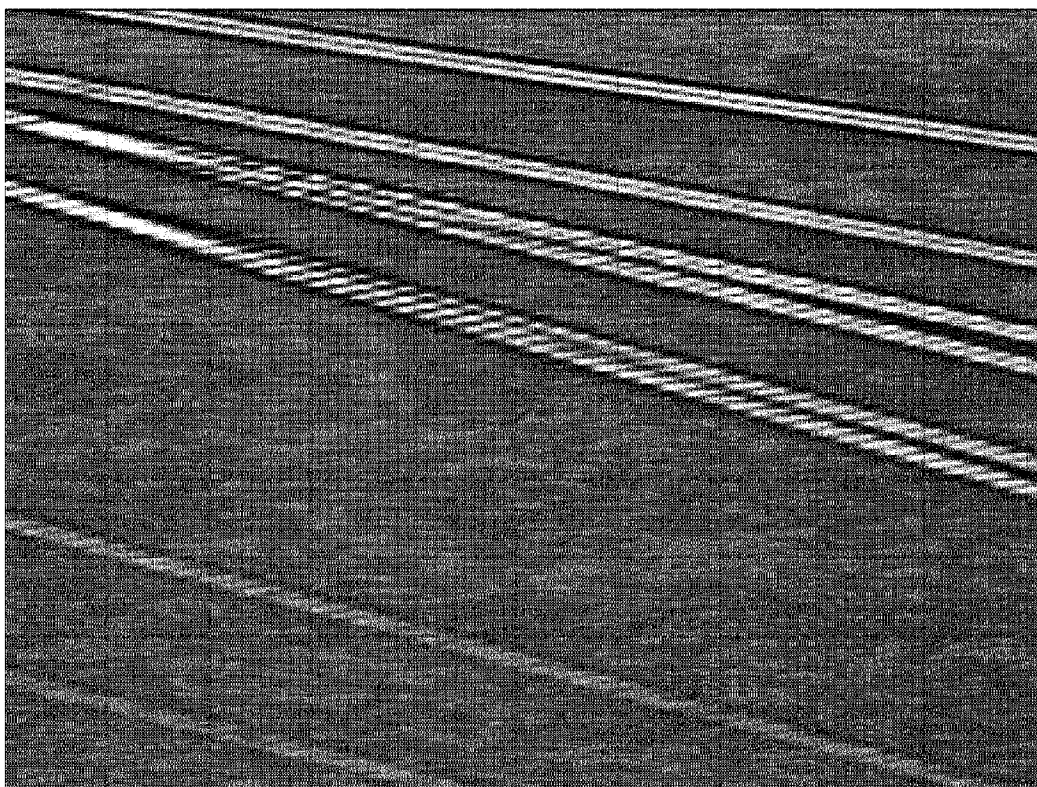
1000



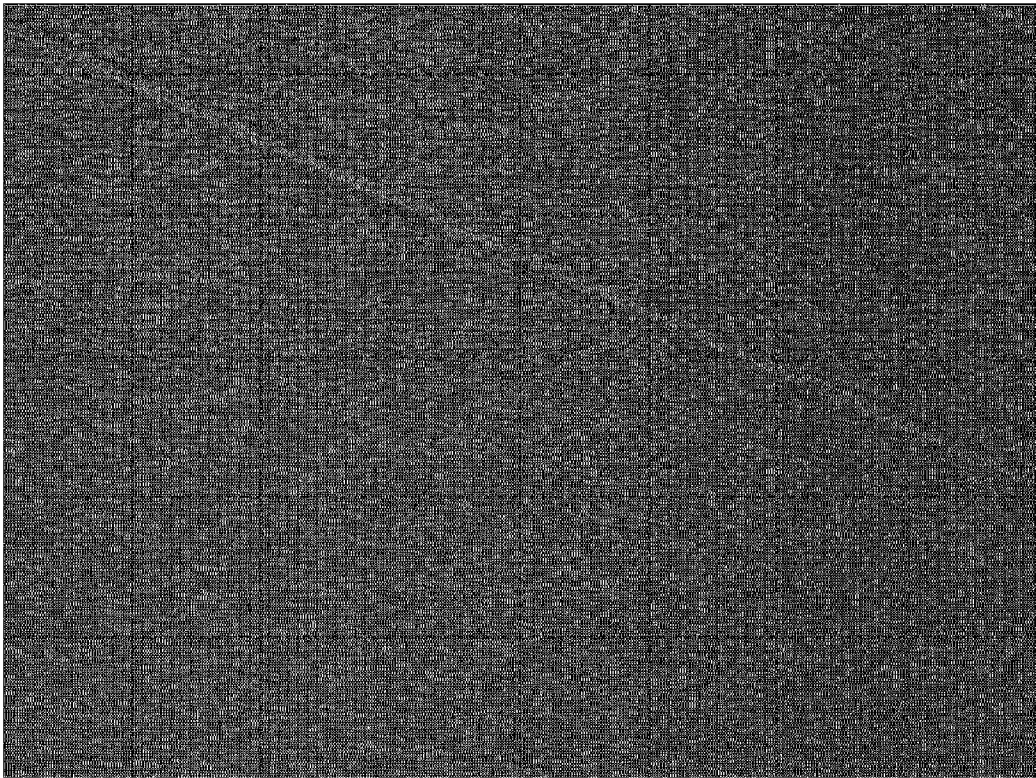
ФИГ. 10



ФИГ. 11А

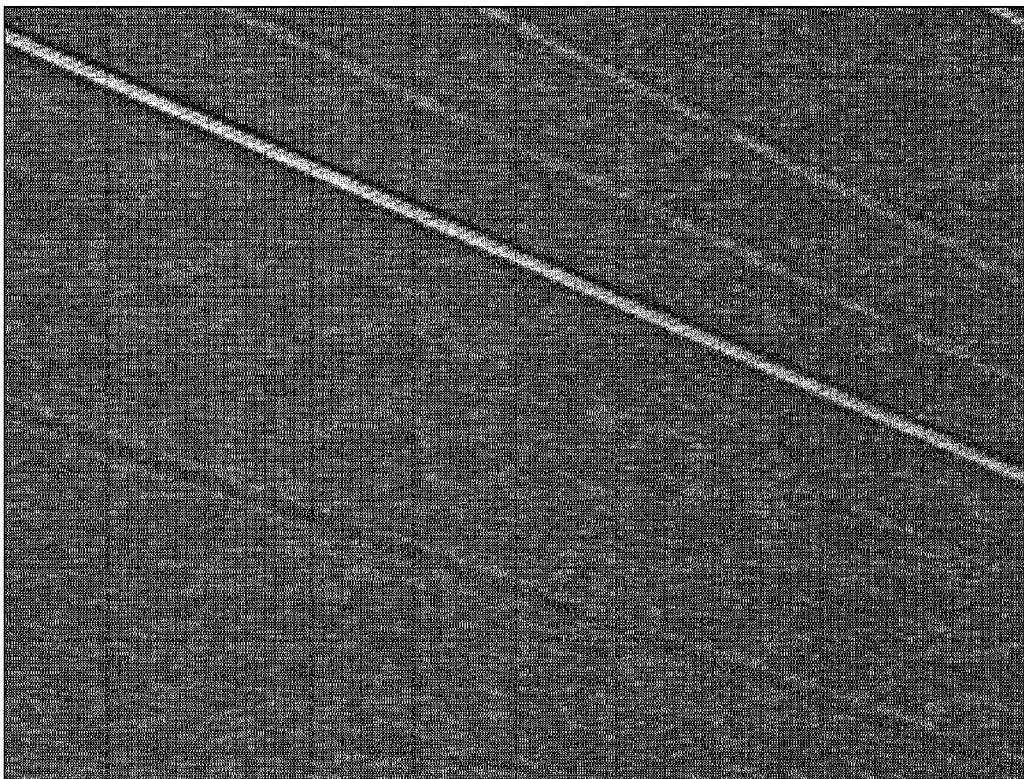


ФИГ. 11В



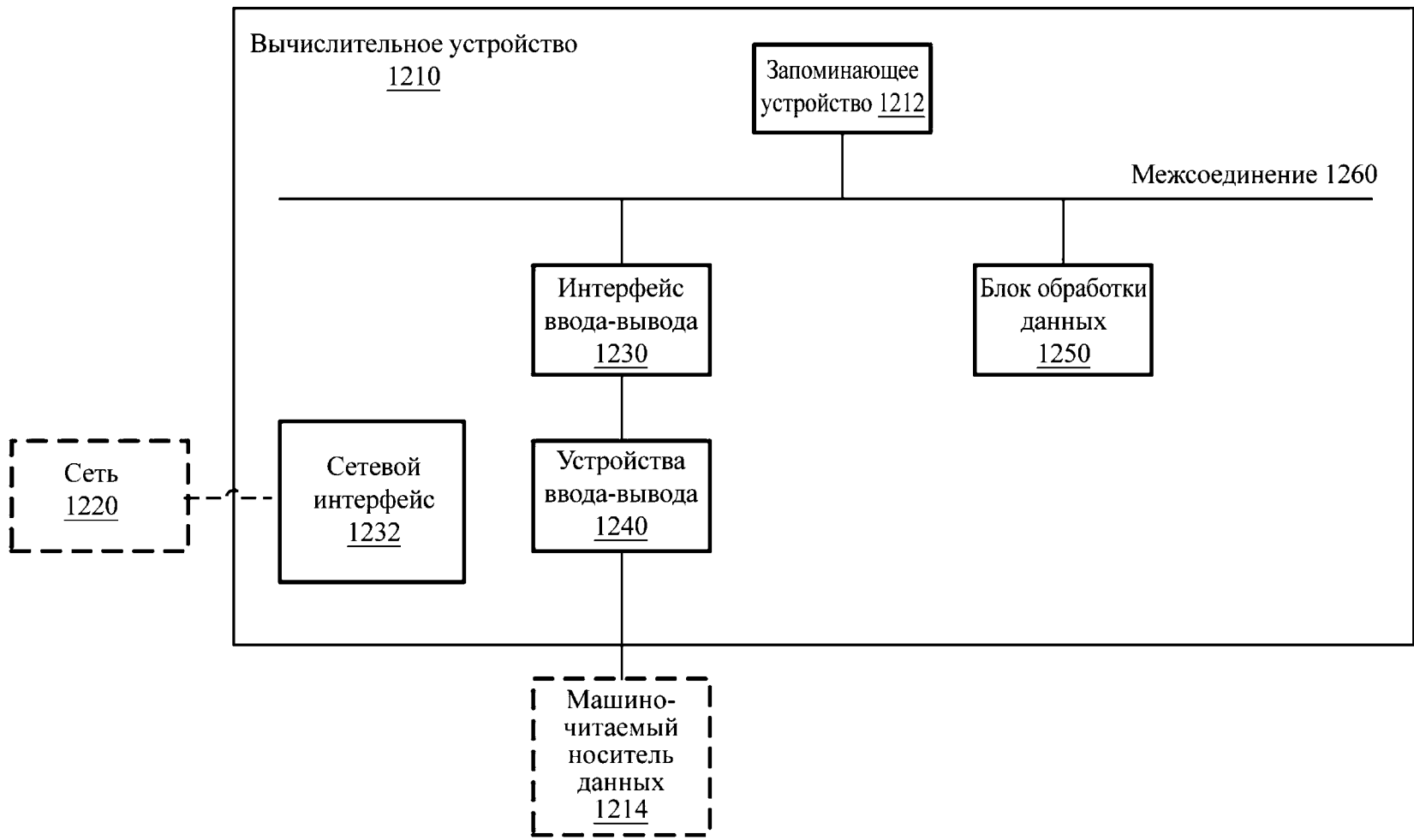
1120

ФИГ. 11С



1130

ФИГ. 11D



ФИГ. 12