

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046557**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.03.26

(51) Int. Cl. **G01V 1/38 (2006.01)**
G01V 1/28 (2006.01)

(21) Номер заявки
202290474

(22) Дата подачи заявки
2020.08.28

(54) **КОДИРОВАНИЕ С ПЕРЕМЕЖЕНИЕМ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ ВОЗБУЖДЕНИИ
СЕЙСМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ**

(31) **62/900,066**

(56) US-A1-2015260867
US-A1-2014355379
US-A1-2012147701

(32) **2019.09.13**

(33) **US**

(43) **2022.07.20**

(86) **PCT/US2020/048318**

(87) **WO 2021/050289 2021.03.18**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БП КОРПОРЕЙШН НОРТ
АМЕРИКА ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:
Фу Кан (US)

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

(57) В изобретении описаны система и методы для размещения первого группового источника на первом фиксированном расстоянии от судна вдоль линии наблюдения, размещения второго группового источника на втором фиксированном расстоянии от судна вдоль линии наблюдения, причем фиксированное второе расстояние по горизонтали вдоль линии наблюдения отличается от фиксированного первого горизонтального расстояния, генерирования пространственного кода, активизации первого группового источника и активизации второго группового источника.

046557

B1

046557
B1

Ссылки на родственные заявки

Настоящая заявка претендует на приоритет предварительной патентной заявки США № 62/900066, поданной 13 сентября 2019 г., под названием "Кодирование с перемежением при одновременном возбуждении сейсмических источников", полное содержание которой включено в настоящее раскрытие посредством ссылки.

Уровень техники

Настоящее раскрытие относится в основном к получению сейсмических данных и, более конкретно, к методу одновременного возбуждения сейсмических источников, для повышения разделяемости перекрывающихся взрывов.

Настоящий вводный раздел знакомит читателя с различными аспектами уровня техники, которые могут быть связаны с разными особенностями настоящего раскрытия, описанными и/или заявленными далее. Это рассмотрение должно снабдить читателя сведениями общего характера по вопросу, что будет способствовать лучшему пониманию различных особенностей раскрытия. Соответственно, именно так и следует воспринимать приводимые данные, а не как описание уровня техники.

Сейсмическая съемка включает генерирование изображения или карты подповерхностной зоны Земли, с использованием направленной вниз в грунт акустической энергии и регистрацией отраженной акустической энергии, возвращающейся от геологических слоев в подповерхностной зоне. В процессе сейсмической съемки, источник энергии помещается в различных местах на области или над областью поверхности Земли, в которой могут находиться залежи углеводородов. При каждой активизации источника, он генерирует сейсмический сигнал (например, акустическую волну), распространяющийся вниз через толщу Земли, отражается и, при его возвращении, регистрируется с использованием одного или более приемников, расположенных на подповерхностной зоне Земли, или над ней. Зарегистрированные приемниками сейсмические данные могут быть использованы для построения изображения или профиля соответствующей подповерхностной зоны.

Получение сейсмических данных может быть продолжительным и недешевым процессом. Одним способом снижения времени и затрат, необходимых для получения сейсмических данных, является применение двух или более источников, активизируемых с небольшим промежутком времени (т.е. нескольких источников, последовательно активизируемых в течение одного периода регистрации). В то время как таким методом можно уменьшить продолжительность времени и затраты, связанные с получением сейсмических данных, результирующие сейсмические данные могут, однако, включать помеху. Одним примером этой помехи является аддитивная помеха, обозначающая сигналы, которые получены в периоды сбора данных, перекрывающиеся с текущим периодом сбора данных, и которые могут восприниматься как шум (т.е. низкокогерентная энергия или сигнал), несмотря на то, что являются частью первичного сигнала (т.е. когерентной энергии или сигнала) для последующих периодов сбора входных данных (т.е. входных сейсмических данных). Представляется желательным разработать и/или усовершенствовать методы, ассоциированные с получением сейсмических данных, для увеличения степени некогерентности результирующей помехи, генерируемой при взрывном возбуждении двух или более источников в течение периода сбора данных так, чтобы получающаяся помеха могла быть отделена обработкой данных.

Сущность изобретения

Ниже приводится краткое изложение некоторых вариантов осуществления в соответствии с настоящим раскрытием. Следует понимать, что представленные особенности позволяют дать читателю краткую характеристику некоторых вариантов осуществления, не претендуя при этом на ограничение области притязаний настоящего раскрытия. Напротив, настоящее раскрытие может охватывать широкий круг особенностей изобретения, которые могут и не быть представлены ниже.

Получение сейсмических данных с использованием источников и приемников может быть полезным при генерировании, например, сейсмических изображений. Сейсмические изображения могут быть использованы, в частности, при определении залежей углеводородов (например, областей в подповерхностной зоне, содержащих углеводороды) и/или возможных осложнений процесса бурения. Сейсмические изображения обычно получают, используя создаваемые источником сейсмические колебания, отраженные от областей в подповерхностной зоне, и принятые одним или более приемниками. Однако помехи, связанные со сбором сейсмических данных, могут сделать части собранных данных непригодными для использования.

Соответственно, настоящие методы включают буксирование нескольких групповых сейсмоисточников для увеличения плотности данных и/или сокращения времени и стоимости выполнения работы. Активизация каждой группы перемежается (т.е. получение данных осуществляется с перескоком в конфигурации групп с двумя источниками) так, что групповые источники возбуждаются последовательно друг за другом. Положения пунктов активизации (взрыва) каждой группы также размыты, благодаря чему момент активизации взрыва смещается на случайный промежуток времени, например, между -250 мс и +250 мс.

В других вариантах осуществления, для дальнейшего повышения некогерентности помехи активизация групп перемежается, и их соответствующие положения пункта взрыва меняются случайным образом и групповые сейсмоисточники располагаются ступенями (эшелонам). Это ступенчатое расположение

по меньшей мере одной группы может быть осуществлено разнесением положений одной из групп относительно другой из групп и/или разнесением положения по меньшей мере одной из групп относительно судна-буксировщика. В альтернативном варианте, расположение групп уступами может осуществляться посредством смещения в положении пункта взрыва (т.е. момента времени, когда обозначен пункт взрыва) для по меньшей мере одной группы из многих групп. Это ступенчатое смещение может быть применено к группе или положению пункта взрыва в каждой буксируемой косе, и это ступенчатое смещение может быть заранее заданным или случайным (на буксируемой косе средствами буксируемой косы, или на профиле возбуждения средствами линии возбуждения) для усиления случайного характера и некогерентности получающейся помехи. Более того, когда одним судном буксируются более двух сейсмических источников (например, групп), каждому из источников (например, группам) могут быть сообщены различные смещения для получения более сильной некогерентности аддитивной помехи, путем создания пространственной кодовой комбинации в групповых источниках или положениях пунктов взрыва. Средством применения пространственного кодирования к геометрии групповых источников или положениям пунктов взрыва источников, может быть достигнуто повышение разделяемости перекрывающихся взрывов.

Преимуществом, получаемым от применения смещения, случайного характера расположения и перемежения взрывов (или другого порядка последовательной активизации групп), является то, что спектр помех в соседних дорожках сейсмограммы различается, что снижает сложность разделения принятых сейсмических данных от близлежащих источников, особенно если осуществляется упорядочивание 3D данных (или данных более высокой размерности).

Краткое описание чертежей

Различные особенности настоящего раскрытия будут лучше понятны при ознакомлении с приведенным далее подробным описанием и ссылками на чертежи, на которых:

на фиг. 1 представлена схема последовательности различных процессов, которые могут быть выполнены на основе анализа сейсмических данных, полученных системой сейсмической съемки, в соответствии с представленными вариантами осуществления;

на фиг. 2 иллюстрируется система морской съемки в морских условиях;

на фиг. 3 иллюстрируется вторая система морской съемки в морских условиях;

на фиг. 4 представлена вычислительная система, которая может выполнять описанные здесь операции на основе данных, полученных системой морской съемки, показанной на фиг. 2, и/или системой наземной съемки, показанной на фиг. 3;

на фиг. 5 схематично представлен метод получения сейсмических данных;

на фиг. 6 представлен первый метод получения сейсмических данных в морских условиях, использующий систему морской съемки, показанную на фиг. 2, или вторую систему морской съемки, показанную на фиг. 3;

на фиг. 7 представлен вид сейсмических данных в сечении вдоль линии расположения сейсмоприемников, полученных методом, представленным на фиг. 6;

на фиг. 8 представлен второй метод получения сейсмических данных в морских условиях, использующий систему морской съемки, показанную на фиг. 2, или вторую систему морской съемки, показанную на фиг. 3;

на фиг. 9 представлен третий метод получения сейсмических данных в морских условиях, использующий систему морской съемки, показанную на фиг. 2, или вторую систему морской съемки, показанную на фиг. 3;

на фиг. 10 представлен вид сейсмических данных в сечении вдоль линии расположения сейсмоприемников, полученных методом, представленным на фиг. 8 или 9;

на фиг. 11 представлен четвертый метод получения сейсмических данных в морских условиях, использующий систему морской съемки, показанную на фиг. 2, или вторую систему морской съемки, показанную на фиг. 3;

на фиг. 12 представлен пятый метод получения сейсмических данных в морских условиях, использующий систему морской съемки, показанную на фиг. 2, или вторую систему морской съемки, показанную на фиг. 3;

на фиг. 13 представлен шестой метод получения сейсмических данных в морских условиях, использующий систему морской съемки, показанную на фиг. 2, или вторую систему морской съемки, показанную на фиг. 3.

Подробное описание осуществления изобретения

При введении элементов различных вариантов осуществления настоящего раскрытия, использование неопределенных артиклей единственного и множественного числа, определенного артикля и прилагательного "упомянутый" показывает, что имеется один или более этих элементов. Термины "содержащий", "включающий" и "имеющий" предполагают включенность и означают, что могут существовать дополнительные элементы, отличающиеся от перечисленных. Ниже будет приведено описание одного или более конкретных вариантов осуществления описанных здесь вариантов осуществления. Для краткого описания этих вариантов осуществления, все признаки конкретной реализации в раскрытии приво-

даться не будут. Следует иметь в виду, что при разработке любого подобного реального исполнения, как это происходит в любом инженерном или конструкторском проекте, для решения конкретных задач разработки должны приниматься многочисленные решения, касающиеся данной конкретной разработки, например, совместимость с системными или коммерческими ограничениями, которые могут меняться от одного исполнения к другому. Более того, следует понимать, что подобные опытно-конструкторские разработки могут быть сложными и продолжительными, но при этом будут представлять собой стандартный набор процессов конструирования, изготовления, массового производства, осуществляемых специалистами, ознакомившимися с настоящим раскрытием.

Анализ сейсмических данных может предоставлять ценную информацию, например, расположение и/или изменение залежей углеводородов в подповерхностной зоне Земли. Настоящее раскрытие в основном посвящено рассмотрению методов, которые могут быть использованы для получения сейсмических данных с пониженным уровнем помехи с использованием изменения методов получения данных или расположения источников энергии в сейсмической съемке. Усовершенствования в проектировании сейсмической съемки позволяют повысить плотность данных и обеспечить дополнительные преимущества повышенной эффективности.

Для начала следует отметить, что сейсмические данные могут быть получены с использованием большого числа разных систем и способов сейсмической съемки, примеры которых рассмотрены со ссылкой на фиг. 2 и 3. Вне зависимости от использованного способа сбора сейсмических данных, после того, как данные получены, вычислительная система может провести анализ этих данных, и может использовать результаты анализа сейсмических данных (например, сейсмограммы, карту геологических продуктивных горизонтов и т.д.) для выполнения различных операций в области разведки углеводородов и производственной сфере. Например, на фиг. 1 показана блок-схема способа 10, раскрывающая различные процессы, которые могут быть проведены на основе анализа полученных сейсмических данных. Хотя описание способа 10 приводится в определенном порядке, следует иметь в виду, что осуществление способа 10 может проводиться в любом подходящем порядке.

На фиг. 1, в шаге 12, на основе анализа сейсмических данных могут быть определены местоположения и свойства месторождений углеводородов в подповерхностной зоне Земли, ассоциированные с соответствующей сейсмической съемкой. В одном варианте осуществления, сейсмические данные, полученные одним или более способами сбора сейсмических данных, могут быть подвергнуты анализу для построения карты или профиля, иллюстрирующего различные геологические формации в подповерхностной зоне.

На основе идентифицированных местоположений и свойств месторождений углеводородов, в шаге 14 могут быть исследованы определенные места или части подповерхностной зоны. Другими словами, организации, занимающиеся разведкой углеводородов, могут использовать местоположения месторождений углеводородов для выбора на поверхности подповерхностной зоны участков для буровых работ. При этом организации, проводящие разведку углеводородов, могут использовать местоположения и свойства месторождений углеводородов, и соответствующих покрывающих пород для определения трассы бурения Земли, параметров бурения и т.д.

После того, как разведочное оборудование было установлено в пределах подповерхностной зоны, на шаге 16 углеводороды, хранящиеся в месторождении углеводородов, могут быть добыты через скважины естественного фонтанирования, скважины с механизированной добычей и т.д. На шаге 18 добытые углеводороды могут транспортироваться на нефтеперегонные заводы, пункты хранения, обрабатывающие производства и др., посредством транспортных средств, трубопроводов и др. На шаге 20, добытые углеводороды могут быть подвергнуты обработке посредством различных процессов переработки для получения разных продуктов, использующих углеводороды.

Следует заметить, что процессы, рассмотренные со ссылкой на способ 10, могут включать другие подходящие процессы, которые могут быть основаны на расположении и свойствах месторождений углеводородов, определяемых сейсмическими данными, собранными посредством одной или больше сейсмических съемок. Нужно понимать, что сами по себе описанные выше процессы не предполагают существование исчерпывающего перечня процессов, которые могут быть выполнены после определения местоположений и свойств месторождений углеводородов в подповерхностной зоне.

С учетом сказанного, рассмотрим на фиг. 2 схематическую диаграмму системы 22 морской съемки (например, в сочетании с шагом 12 на фиг. 1), которая может быть использована для сбора сейсмических данных (например, временных диаграмм), относящихся к подповерхностной зоне Земли в морской акватории. Вообще, морская сейсмическая съемка, использующая систему 22 морской съемки, может проводиться в океане 24 или другом водном массиве над подповерхностной зоной 26 Земли, лежащей под морским дном 28.

Система 22 морской съемки может включать судно 30, один или более сейсмических источников 32, морской сейсморазведочный кабель 34, один или более приемников 36, и/или другое оборудование, которое может быть полезным в сборе сейсмических изображений, представляющих геологические горизонты в подповерхностной зоне 26 Земли. Судно 30 может буксировать один или более сейсмических источников 32 (например, решетку пневматических пушек, другой групповой источник энергии, единич-

ный источник энергии или их комбинацию) которые могут генерировать энергию, например, акустические волны (в частности, сейсмические колебания), направленные на морское дно 28. Судно 30 также может буксировать сейсмокосу 34, имеющую один или более приемников 36 (например, один или более гидрофонов), которые могут принимать сейсмические колебания, представляющие энергию выходных колебаний сейсмических источников 32 после их отражений от различных геологических образований (например, соляных куполов, разрывов, складок и т.д.) в подповерхностной зоне 26. Кроме того, хотя описанная система 22 морской съемки включает один или более сейсмических источников 32 (на фиг. 2 изображенные в виде решетки воздушных пушек) и один или более приемников 36 (на фиг. 2 представлены в виде нескольких гидрофонов), следует иметь в виду, что система 22 морской съемки может включать большое число сейсмических источников 32 и большое число сейсмических приемников 36. Аналогично, хотя описанная система 22 морской съемки включает один морской сейсморазведочный кабель 34, надо иметь в виду, что система 22 морской съемки может включать большое число сейсморазведочных кабелей 34. Кроме того, дополнительные суда 30 могут иметь дополнительные сейсмические источники 32, сейсмокосы 34 и др., для работы системы 22 морской съемки.

На фиг. 3 показана система Морской Донной Сейсморазведки (МДС) в качестве второй системы 31 морской съемки (например, для использования в шаге 12 на фиг. 1), которая также может быть применена для получения сейсмических данных (например, сигналов колебаний), относящихся к подповерхностной зоне Земли в морских условиях. Система МДС может в процессе работы получать сейсмические данные (например, массивы данных МДС). В то время как показанная система МДС представляет собой систему с Морской Донной Косой (МДК), включающую один или более приемников 33 на морском дне 28, соединенных посредством кабеля 35 со вторым судном 37, в других вариантах осуществления системы МДС может быть использована, например, Морская Донная Узловая (МДУ) система или любая другая сейсмическая система, вырабатывающая изображения с более высоким отношением сигнал/шум на различающихся частотах, в сравнении с системой 22 морской съемки.

Как показано на чертежах, система МДС может включать один или более сейсмических источников 32 (например, решетки воздушных пушек, другие групповые источники энергии или единичный источник энергии, или комбинацию таких источников), буксируемых судном 30, которые вырабатывают энергию, например, звуковые волны (в частности, сейсмические колебания), направленные на морское дно 28. Эта энергия может отражаться от различных геологических образований в пределах подповерхностной зоны 26 и затем собираться (например, приниматься и/или записываться) одним или более приемниками 33, расположенными на морском дне 28. Например, данные могут храниться в одном или более приемниках 33 в течение продолжительного времени (например, часы, дни, недели или более) перед тем, как сохраненные данные будут повторно переданы (либо по кабелю 35 или по беспроводному каналу). Как показано на чертеже, один или более приемников 35 может быть соединен с судном 37 (и, в некоторых вариантах осуществления, к другому) по кабелю 35. Данные, полученные одним или более приемниками 33, могут быть переданы по кабелю 35 на судно 37 (или, например, по беспроводному каналу, если системой МДС является система МДУ). Хотя описанная система 31 морской съемки содержит один или более сейсмических источников 32 (на фиг. 3 представлены как решетка воздушных пушек), отмечается, что система 31 морской съемки может включать несколько сейсмических источников 32.

В некоторых вариантах осуществления, система МДС может быть использована для получения массивов данных МДС, пригодных для построения карты продуктивного пласта и получения его параметров. Эти массивы данных МДС обычно имеют полосу частот примерно от 2 Гц до 100 Гц с относительно высокими значениями отношения сигнал/шум (С/Ш) на низких частотах (например, менее или равных примерно 50 Гц, 40 Гц, 35 Гц и т.д.) по сравнению с 3D массивами данных высокого разрешения. Поэтому, массив данных МДС является дополняющим в отношении полосы частот к 3D массиву данных высокого разрешения, полученному системой 22 морской разведки (например, полученному 2D сейсмо съемкой высокого разрешения, 3D сейсмосъемкой высокого разрешения или иным путем).

Хотя описанные здесь способы и системы преимущественно ориентированы на морские применения, они также могут использоваться и для наземных сейсмических работ. Вне зависимости от того, каким образом были собраны сейсмические данные, вычислительная система (например, для использования в сочетании с шагом 12 на фиг. 1) может выполнить анализ сейсмических колебаний, полученных сейсмическими приемниками 33 и/или 36, для определения информации, относящейся к геологической структуре, расположению и свойствам месторождений углеводородов и т.п. внутри подповерхностной зоны 26. На фиг. 4 приведена блок-схема примера такой вычислительной системы 60, которая может выполнять различные операции по анализу данных для изучения сейсмических данных, собранных приемниками 36, 44, 46 для определения структуры сейсмических свойств геологических формаций в подповерхностной зоне 26.

Как показано на фиг. 4, вычислительная система 60 может включать коммуникационный компонент 62, процессор 64, запоминающее устройство 66 (например, материальную, энергонезависимую, машиночитаемую среду), устройство 68 хранения данных (например, материальную, энергонезависимую, машиночитаемую среду), порты 70 ввода/вывода (I/O), дисплей 72 и т.д. Коммуникационный компонент 62 может быть беспроводным или проводным коммуникационным компонентом, который может обеспечи-

вать связь между приемниками 36, 44, 46, одной или более базами 74 данных, другими вычислительными устройствами, и/или другими устройствами, обладающими возможностью связи. В одном варианте осуществления, вычислительная система 60 может через сетевой компонент, базу 74 данных или др. принимать данные 76 от приемника (например, сейсмические данные, сейсмограммы), ранее собранные сейсмическими приемниками, посредством сетевого компонента, базы данных 74 или др. Процессор 64 вычислительной системы 60 может анализировать или обрабатывать приемные данные 76 для определения различных признаков, относящихся к геологическим формациям в подповерхностной зоне 26 Земли.

Процессор 64 может быть компьютерным процессором или микропроцессором любого типа, способным исполнять компьютерный код или компьютерную программу для реализации описанных здесь способов. Процессор 64 может также включать несколько процессоров, которые могут выполнять описанные ниже операции. Запоминающим устройством 66 и устройством 68 хранения данных может быть любое подходящее готовое изделие, которое может служить средой для хранения исполняемой процессором программы, данных, и т.д. Эти готовые изделия могут выполнять функцию машиночитаемой среды (например, любую подходящую форму для запоминания и хранения данных), которая может хранить исполняемую процессором программу, используемую процессором 64 для осуществления раскрываемых здесь способов. Вообще, процессор 64 может исполнять программные приложения, которые включают программы обработки сейсмических данных, собираемых посредством приемников сейсмической съемки, в соответствии с описанными здесь вариантами осуществления.

Запоминающее устройство 66 и устройство 68 хранения данных могут быть использованы для сохранения данных, результатов анализа данных, программных приложений и т.д. Запоминающее устройство 66 и устройство 68 хранения данных может быть представлено материальным энергонезависимым машиночитаемым носителем (например, запоминающим устройством или устройством хранения данных в любой подходящей форме), который может хранить исполняемую процессором 64 программу для осуществления различных способов, приведенных в настоящем раскрытии. Следует иметь в виду, что материальность и энергонезависимость просто означают, что среда является материальным носителем, а не сигналом.

Портами 70 ввода-вывода являются интерфейсы, которые могут соединяться с другими периферийными компонентами, например, устройствами ввода (например, клавиатурой, мышью), датчиками, модулями ввода/вывода (I/O) и т.п. Порты 70 (I/O) могут обеспечить связь вычислительной системы 60 с другими устройствами в системе 22 морской съемки, или системе 31 морской съемки.

Дисплей 72 может отображать изображения, связанные с ПО или исполняемыми программами, обработка которых производится процессором 64. В одном варианте осуществления, дисплеем 72 может быть тачскрин дисплея, позволяющий вводить данные пользователю вычислительной системы 60. Дисплей 72 также может быть использован для просмотра и изучения результатов любого анализа собранных сейсмических данных для определения геологических формаций внутри подповерхностной зоны 26, расположения и/или свойств месторождений углеводородов в подповерхностной зоне 26, и/или т.п. Дисплеем 72 может быть дисплей любого подходящего типа, например, жидкокристаллический дисплей (LCD), плазменный дисплей или дисплей на органических светодиодах (OLED). Следует также отметить, что помимо упомянутого здесь отображения посредством дисплея 72, вычислительная система 60 также может осуществлять отображение посредством других материальных средств, например, на бумаге (посредством печати) и др.

С учетом сказанного, описанный здесь способ также может быть осуществлен с применением суперкомпьютера, использующего несколько вычислительных систем 60, систему облачных вычислений, или иные средства для распределения процессов по большому числу вычислительных систем. В этом случае, каждая вычислительная система 60, работающая как часть суперкомпьютера, может и не включать каждый компонент, упомянутый как часть вычислительной системы 60. Например, каждая вычислительная система 60 может не содержать дисплей 72, поскольку дисплей 72 может оказаться бесполезным для суперкомпьютера, предназначенного для непрерывной обработки сейсмических данных.

После выполнения различной обработки сейсмических данных, вычислительная система 60 может сохранить результаты анализа в одной или более базах 74 данных. Базы 74 данных могут быть связаны передачей сигналов с сетью, которая может обмениваться данными с вычислительной системой 60 посредством коммуникационного компонента 62. Кроме того, базы данных 74 могут хранить информацию, относящуюся к подповерхностной зоне 26, например, ранее полученные сейсмограммы, данные геологических проб, сейсмические изображения и т.п., относящиеся к подповерхностной зоне 26.

Хотя описанные выше компоненты были рассмотрены применительно к вычислительной системе 60, надо заметить, что вычислительная система 60 может состоять из аналогичных компонентов. Более того, вычислительная система 60 также может быть частью системы 22 морской съемки или системы 31 морской съемки, и может осуществлять наблюдение и/или управление работой сейсмических источников 32 или 40, приемников 36, 44, 46 и др. Кроме того, можно заметить, что перечисленные компоненты приведены в качестве примера, и описываемые здесь варианты осуществления не ограничены компонентами, описанными со ссылкой на фиг. 4.

В некоторых вариантах осуществления, вычислительная система 60 (например, процессор 64, работающий совместно с по меньшей мере запоминающим устройством 66 или устройством 68 хранения

данных) может вырабатывать двухмерное представление или трехмерное представление подповерхностной зоны 26 на основе сейсмических данных, полученных посредством упомянутых выше приемников. Помимо этого, сейсмические данные, ассоциированные с комбинациями нескольких источников/приемников, могут быть объединены для создания почти непрерывного профиля подповерхностной области 26, которая может простирается на некоторое расстояние. В двухмерной (2-D) сейсмической съемке места размещения приемников могут быть расположены вдоль одной линии, в то время как в трехмерной (3-D) съемке точки размещения приемников могут быть распределены по поверхности в виде сетчатой структуры. При этом 2-D сейсмическая съемка может давать картину поперечного сечения (вертикальный срез) слоев Земли, расположенных непосредственно под точками записи. 3-D сейсмическая съемка, напротив, может создавать "куб" или объем данных, который может соответствовать 3-D картине подповерхностной зоны 26.

Кроме этого, 4D сейсмическая съемка (периодическая съемка) может включать сейсмические данные, полученные многократной 3-D съемкой. Используя разные сейсмические изображения, полученные в разные моменты времени, вычислительная система 60 может сравнить два изображения для обнаружения изменений в подповерхностной зоне 26.

В любом случае, сейсмическая съемка может быть составлена из очень большого числа отдельных сейсмических записей (например, сейсмограмм, дорожек сейсмограмм). При этом вычислительная система 60 может анализировать собранные сейсмические данные и получать изображения, создающие представление о подповерхностной зоне 26. Компьютерная система 60 может использовать изображение для определения расположения и/или свойств месторождений углеводородов. Для этого, различные алгоритмы обработки сейсмических данных могут использоваться для удаления шумов из полученных сейсмических данных, переноса предварительно обработанных сейсмических данных, идентификации сдвигов между большим числом сейсмических изображений, совмещения большого числа сейсмических изображений и т.д.

После того, как вычислительная система 60 провела анализ собранных сейсмических данных, результаты анализа сейсмических данных (например, сейсмограммы, сейсмические изображения, карты геологических формаций и т.д.) могут быть использованы для выполнения различных операций в разведке и добыче углеводородов. В некоторых вариантах осуществления, вычислительная система 60 может обеспечивать индикацию наличия углеводородов. Соответственно, вычислительная система 60 может показывать подповерхностную зону 26, которая потенциально может содержать углеводороды, и давать местоположение (например, координаты или относительное расположение) областей, содержащих залежи углеводородов, и/или (в некоторых случаях) областей с возможными осложнениями процесса бурения подповерхностной зоны. В других вариантах осуществления, изображение, генерируемое с использованием настоящего метода, может отображаться на дисплее 72 вычислительной системы 60, способствуя определению местоположения пользователем вычислительной системы 60. Один метод получения сейсмических данных, использованных для анализа сейсмических данных, иллюстрируется фиг. 5.

На фиг. 5 приведена схематическая иллюстрация варианта осуществления способа и системы, используемых в сейсмической съемке. В целом, способ включает активизацию сейсмических источников 78 в составе группового источника 80 в соответствии со схемой 82 активизации. Далее, по прошествии периода 83 времени, производится активизация сейсмических источников 84 во втором групповом источнике 86 в соответствии со второй схемой 88 активизации. Таким образом, фиг. 5 иллюстрирует метод или способ активизации с перескоком, в котором активизируется один групповой источник 80 (т.е. активизируются один или более сейсмических источников 78), после чего, через промежуток времени 83, активизируется групповой источник 86 (т.е. активизируются один или более сейсмических источников 84), после чего процесс повторяется.

Отмечается, что каждая из схем 82 и 88 активизации представлена исключительно в качестве иллюстрации и не должна рассматриваться как ограничивающая раскрытие. Более того, следует иметь в виду, что в то время как схема 82 активизации отличается от схемы 88 активизации, в некоторых вариантах осуществления возбуждение сейсмических источников 78 и 84 может дублироваться так, что схема 82 активизации и схема 88 активизации являются одинаковыми. Аналогично, период 83 времени может быть любым периодом времени неравным нулю и может быть изменяемым или может оставаться постоянным. При изменении продолжительности этого периода, закон изменения может случайным, псевдослучайным или соответствовать некоторой закономерности.

Как показано на фиг. 5, сейсмическими источниками 78 и 84 (имеют обозначения от S1 до S8) являются воздушные пушки. Как показано на фигуре, источниками S1 и S2 являются воздушные пушки одного типа большого объема, источниками S3-S5 являются воздушные пушки одного типа среднего объема, а источниками S6-S8 являются воздушные пушки одного типа малого объема. Следует, однако, заметить, что в каждой групповой источник 80 и 86 могут быть включены сейсмические источники 78 и 84 в любом количестве, любого объема и типа. Например, сейсмическими источниками 78 могут быть высокочастотные источники, в то время как сейсмическими источниками 84 являются низкочастотные источники. Фактически, сейсмическими источниками 78 могут быть любые сейсмические источники,

известные специалистам в данной области. Например, одним или более из сейсмических источников 78 и 84 может быть источник, регулярно излучающий одиночный импульс энергии, в противоположность непрерывному свипированию энергии, т.е. импульсный сейсмический источник. Примерами подходящих импульсных источников могут быть, помимо прочих, воздушные пушки, газовые пушки, водяные пушки, заряды, взрывчатые вещества, их комбинации и др. Аналогично, также могут быть использованы более непрерывные или неимпульсные источники, например, помимо прочих, вибраторы, резонаторы, сирены и их комбинации. Кроме того, отмечается, что каждый из группового источника 80 и группового источника 86 может представлять один из сейсмических источников 32 на фиг. 2 и 3.

Схемы 82 и 88 активизации могут вырабатываться перед началом съемки. Схемы 82 и 88 активизации могут быть загружены в, например, один или более контроллеров, управляющих активизацией сейсмических источников 78 и 84. В альтернативном варианте, схемы 82 и 88 активизации генерируются в реальном времени в ходе сейсмической съемки одним или более контроллерами. Один или более контроллеров могут, в частности, запускать программу или другие команды, хранящиеся в запоминающем устройстве, посредством процессора контроллера для генерирования и/или реализации схем 82 и 88 активизации. Один или более контроллеров могут быть расположены, в частности, на судне 30, или могут быть расположены или иным образом связаны с групповым источником 80 или групповым источником 86. Схема 82 активизации обычно содержит набор случайных промежутков времени или задержек между возбуждением (активизацией) каждого сейсмического источника 78. Аналогично, схема 88 активизации обычно содержит набор случайных промежутков времени или задержек между возбуждением (активизацией) каждого сейсмического источника 84. Может быть использован алгоритм или программа (например, контроллером) для генерирования схем 82 и 88 активизации, а сейсмические сигналы, принятые в результате реализации этих схем 82 и 88 активизации, могут быть подвергнуты обработке любыми способами, известными специалистам в данной области.

Схемы 82 и 88 активизации могут быть скомбинированы с любыми подходящими методами одновременного сейсмического возбуждения и сбора данных, известными специалистам. Примеры методов использования одновременных сейсмических взрывов включают, в частности, использование независимых одновременно действующих источников, самосинхронно действующих источников с одним или более источниками/группами, активизацию возбуждения на заранее определенных пунктах (местах) активизации (взрыва) с естественными временными флуктуациями, вносимыми вариациями скорости судна с источником, активизацию взрывов с заранее вычисленными случайными флуктуациями времени, или комбинации этих методов. В другом варианте осуществления, может быть использовано некоторое число групп, в которых первый групповой источник 80 активизируется в соответствии со схемами активизации, а по меньшей мере второй групповой источник 86 активизируется либо методом самосинхронно действующих источников или обычными методами активизации (т.е. с одинаковыми или упорядоченными временными задержками или периодом между схемами активизации). Групповой источник 80 и групповой источник 86 могут быть синхронизированы друг с другом или несинхронизированы. В других вариантах осуществления, схемы активизации не используются. Вместо этого, могут быть использованы два или более групповых источников 80, 86, когда каждый групповой источник 80 и 86 может быть активизирован с использованием альтернативных методов одновременного сейсмического возбуждения, включая, помимо прочего, использование независимых одновременно действующих источников, самосинхронно действующих источников с одним или более источниками/группами, активизацию возбуждения на заранее определенных пунктах взрыва с размытием естественными временными флуктуациями, вносимыми вариациями скорости судна с источником, активизацию взрывов с размытием заранее вычисленными случайными флуктуациями времени, или комбинации этих методов.

В другом частном варианте осуществления, групповой источник 80 может возбуждаться по схемам активизации, а по меньшей мере групповой источник 86 (а также один или более дополнительных групповых источников) может быть возбужден с использованием метода независимых одновременно действующих источников, когда активизации всех групп могут быть синхронизированы, несинхронизированы, случайны или псевдослучайны друг относительно друга. Представляется, что может быть использовано любое число источников и/или групповых источников, где каждый источник и/или групповой источник могут возбуждаться любой комбинацией методов одновременной активизации или сбора данных, в частности, помимо прочего, схем дискретной активизации, схем непрерывной активизации, с независимыми одновременно действующими источниками, самосинхронно действующими источниками, или их комбинацией. Когда используется несколько источников или групповых источников, в каждом источнике или групповом источнике могут также объединяться, при возможности, различные методы одновременного возбуждения, например, схемы активизации в сочетании с самосинхронно действующими источниками.

Как показано на фиг. 5, групповые источники 80 или 86 возбуждаются или активизируются независимо один от другого. Более того, каждая активизация групповых источников 80 и 86 может использовать отличающуюся схему активизации. Групповые источники 80 и 86 могут быть скоординированы/синхронизированы друг с другом или несинхронизированы.

Этот метод является вариацией метода независимых одновременно действующих источников. В еще одном варианте осуществления, в частности, групповой источник 80 может возбуждаться по схемам

дискретной активизации, а групповой источник 86 может возбуждаться по схемам непрерывной активизации.

На фиг. 6 иллюстрируется получение сейсмических сигналов морской съемки, использующее первый метод. Как показано, судно 30 буксирует два источника (т.е. групповой источник 80 и групповой источник 86, хотя вместо любого из групповых источников или обоих групповых источников 80 и 86 могут быть использованы и одиночные сейсмические источники) с тем, чтобы улучшить эффективность процесса (т.е. для повышения плотности данных или сокращения операционного времени и расходов). В представленном варианте осуществления судно 30 включает контроллер 90 (описан ранее со ссылкой на фиг. 5). Судно 30 может быть частью системы 22 морской съемки или системы 31 морской съемки (т.е. получение сейсмического сигнала морской съемки согласно фиг. 6 может выполняться во взаимодействии с системой 22 морской съемки и/или системой 31 морской съемки).

Контроллер 90 в процессе работы может генерировать и передавать сигнал управления в групповой источник 80 и/или групповой источник 86 для активизации (т.е. для активизации одного или более из сейсмических источников 78 и 84 в группах), как это было рассмотрено выше со ссылкой на фиг. 5. В некоторых вариантах осуществления контроллер 90 может включать процессор, интегральную схему или иную электронную схему обработки данных, обеспечивающую исполнение компьютерной программы или команд, для реализации описанных здесь способов. Контроллер 90 может также включать запоминающее устройство, устройство хранения данных и/или иные подходящие готовые изделия, которые могут служить средой для хранения исполняемой процессором программы, данных и др. Эти готовые изделия могут представлять машиночитаемую среду (например, запоминающее устройство или устройство хранения данных в любой подходящей форме), которая может хранить исполняемую процессором команду, используемую процессором 64 контроллера 90 для реализации раскрытых здесь методов.

Обычно контроллер 90 может исполнять программные приложения и/или алгоритмы для генерирования одного или более сигналов управления, для управления работой (например, активизации) группового источника 80 и/или группового источника 86. В других вариантах осуществления, каждый из отдельных контроллеров 90 может быть выделен для соответствующего группового источника 80 и группового источника 86, для генерирования одного или более сигналов управления, соответственно управляющих их работой. Кроме того, в то время как показаны два групповых источника 80 и 86, при использовании описанных здесь методов может быть использовано более двух источников или групп (например, как показано на фиг. 8, описанной далее).

Как показано на чертеже, судно 30 буксирует групповой источник 80 вдоль линии 92 профиля возбуждения, а судно 30 буксирует групповой источник 86 вдоль линии 94 профиля возбуждения. Эти линии 92 и 94 профиля возбуждения (и, соответственно, групповой источник 80 и групповой источник 86) могут находиться на расстоянии 95 друг от друга, например, на расстоянии 50 м или другом расстоянии. Групповой источник 80 производит активизации (например, в положениях 85, 87, 89, 91 и 93 пункта взрыва), отделенные друг от друга на расстоянии 96, например, 25 м. Аналогично, групповой источник 86 производит активизации (например, в положениях 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва), также отделенные друг от друга на расстоянии 96, например, 25 м. Кроме того, групповой источник 86 может производить активизации между активизациями группового источника 80, например, в положении 97 пункта взрыва на расстоянии 98 от положения 85 пункта взрыва группового источника 80. Как показано на чертеже, в конфигурации с двумя групповыми источниками это расстояние 98 может находиться посередине расстояния 96, например, 12,5 м, хотя для расстояния 98 можно представить и другие значения, особенно в случае развертывания двух групповых источников. Аналогично, в групповом источнике 80 могут производиться активизации между активизациями группового источника 86, например, в положении 87 пункта взрыва на расстоянии 100 от положения 97 группового источника 86. Как показано на чертеже, в конфигурации с двумя группами источников это расстояние может соответствовать середине расстояния 96, например, 12,5 м, хотя расстояние 100 можно быть и другим.

Контроллер 90 может, в частности, управлять расстояниями 96, 98 и 100, генерируя сигналы управления, вызывающие активизацию групповых источников 80 и 86 в желательными или заранее заданные моменты времени, связанные с желательными и/или заранее заданными величинами расстояний 96, 98 и 100. Контроллер 90 может генерировать сигналы управления в соответствии с загруженными в него командами, или сигналы управления могут быть определены и генерироваться контроллером 90 в реальном времени в ходе сейсмической съемки.

В некоторых вариантах осуществления, в одно или более из положений 85, 87, 89, 91 и 93 пункта взрыва и положений 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва вносится дополнительное возмущение. Другими словами, контроллер 90 генерирует сигналы управления так, что фактическое положение одного или более из положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва изменяется на небольшую величину. Эта величина может составлять долю секунды, например, между примерно минус 250 мс и плюс 250 мс, или другую величину, составляющую обычно менее одной секунды, и может вызывать смещение фактического положения одного или более положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва на расстояние 102 (т.е. Δx) от показанных мест положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва, причем расстояние 102, в частности, меньше расстояний 96, 98 и 100. Размытие фактиче-

ского местонахождения одного или более из положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва, описанное выше, изменяемо, и изменение может носить случайный или псевдослучайный характер или соответствовать какой-либо закономерности.

На фиг. 7 представлен вид сечения (вдоль линии профиля возбуждения) по линии сбора сейсмических данных (например, сейсмограмма общего пункта взрыва) в соответствии с методом, проиллюстрированным на фиг. 6. График 106 соответствует сейсмическим данным от профиля 92 возбуждения, а график 108 соответствует сейсмическим данным от профиля 94 возбуждения. Аналогично, сигналы 110 данных или шум соответствуют активизациям источников 78, в то время как сигналы 112 данных или помеха соответствуют активизациям от источников 84. Как было показано выше со ссылкой на фиг. 6, при осуществлении получения сейсмических данных с использованием источников, групповой сейсмический источник 80 посылает первый сигнал в первый момент времени (соответствует положению 87 пункта взрыва), групповой сейсмический источник 86 посылает второй сигнал во второй момент времени (соответствует положению 97 пункта взрыва), и групповой сейсмический источник 80 посылает третий сигнал в третий момент времени (соответствует положению 85 пункта взрыва), причем третьим моментом времени является момент времени, задержанный относительно второго момента времени, а второй момент времени задержан относительно первого момента времени. Как показано на графиках, время 115 представляет временное окно регистрации, начинающееся от времени активизации соответствующих взрывов. Все сейсмические сигналы, возвращающиеся обратно к записывающему устройству в пределах этого временного окна, показаны на графике. Продолжительность времени 115 может быть любой. При этом на фиг. 7 промежуток времени 115 выбирается равным номинальному промежутку времени между любыми двумя пунктами взрыва на данной линии (например, положением 87 пункта взрыва и положением 85 пункта взрыва) в то время как промежутком 113 является время между пунктом взрыва из линии 92 и следующим по времени пунктом взрыва из линии 94 (например, положением 97 пункта взрыва и положением 85 пункта взрыва), что исключает вариации, вносимые размыванием момента времени активизации.

При этом хотя и не одновременно, а именно, первый сигнал выдан в первый момент времени (соответствует положению 87 пункта взрыва, хотя и не является первым сигналом в показанной последовательности), а второй сигнал выдан во второй момент времени (соответствует положению 97 пункта взрыва), эти сигналы могут быть переданы с относительно небольшим временным промежутком (в пределах промежутка 113) так, что существует вероятность интерференции нешумового сигнала во время приема первого сигнала из-за приема второго сигнала. Таким образом, иногда по меньшей мере часть второго сигнала принимается сейсмическими приемниками 33 и/или 36, когда сейсмические приемники 33 и/или 36 ожидают приема первого сигнала.

В результате, собранные данные, соответствующие первому сигналу, могут включать данные, соответствующие второму сигналу. Если это происходит, второй сигнал, проявляющийся в данных для первого сигнала, может рассматриваться как интерференция нешумового сигнала, слабокогерентный сигнал или аддитивная помеха. Поскольку второй сигнал может отличаться (например, из-за различий продуктивных горизонтов в сравнении с первым сигналом) от первого сигнала, заблаговременное объединение двух сигналов для анализа данных может быть недопустимым и впоследствии вызовет искажение данных, извлеченных для сигнала, переданного в первый раз.

Для повышения наглядности иллюстрации, данные первичного сигнала (часть сигнала 110 данных на графике 106) могут соответствовать собранным данным, соответствующим первичному сигналу от нескольких возбуждений сейсмических источников (а именно, возбуждений в положениях 85, 87, 89, 91 и 93 пункта взрыва), распространяющихся через один или более объектов внутри Земли и возвращающихся к сейсмическому приемнику. Например, групповой источник 80 мог отправить первый сигнал в первый момент времени и, позднее, сейсмические приемники 33 и/или 36 могли принять данные, соответствующие этому первому сигналу. Перед тем, как сейсмический приемник 33 и/или 36 закончили регистрацию первого сигнала, групповой источник 86 может отправить другой сигнал, который может быть зарегистрирован. Сейсмические приемники 33 и/или 36 могут продолжать регистрацию, пока по меньшей мере часть возбуждений (например, некоторые взрывы, многие взрывы, все взрывы) не будут зарегистрированы. Смещением непрерывной регистрации для совмещения начала отсчета времени с моментами возбуждений сейсмических источников можно генерировать данные сейсмограммы (обычно называемые сейсмограммой общего пункта приема или сейсмограммой, в данном описании именуемой "сейсмограмма"), изображенные на графике 106.

Данные собранные на графике 106, включают данные первичного сигнала (например, фактического сигнала, ассоциированного с главным откликом сигнала от группового источника 80 и многими возбуждениями в направлении одного или более объектов или продуктивных пластов, подвергаемых анализу как части совокупности сейсмических данных, когерентного сигнала) и аддитивную помеху (часть сигнала 112 данных на графике 106). Аддитивная помеха может перекрываться с соответствующими данными сигнала, имеющими относительно малый уровень в сравнении с данными первичного сигнала.

Аналогично, данные второго первичного сигнала (часть сигнала 112 данных на графике 108) могут соответствовать собранным данным, соответствующим первичному сигналу от многих возбуждений сей-

смических источников (а именно, возбуждений в положениях 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва), распространяющихся через один или более объектов внутри Земли и возвращающихся к сейсмическому приемнику. Данные, собранные на графике 108, включают данные второго первичного сигнала (например, фактического сигнала, ассоциированного с главным откликом сигнала от группового источника 86 и многими возбуждениями в направлении одного или более объектов или продуктивных пластов, подвергаемых анализу как части совокупности сейсмических данных, когерентного сигнала) и вторую аддитивную помеху (часть сигнала 110 данных на графике 108). Вторая аддитивная помеха может перекрываться с соответствующими данными сигнала, имеющими относительно малый уровень в сравнении с данными второго первичного сигнала.

Иногда операции по обработке сигнала приводят к отбрасыванию или игнорированию аддитивной помехи и второй аддитивной помехи. Однако может быть нежелательным игнорировать аддитивную помеху или вторую аддитивную помеху при выделении первичного сигнала и второго первичного сигнала, соответственно. Для разделения первичного сигнала и второго первичного сигнала, операции по разделению могут выполняться по данным сейсмограммы. Эти операции по разделению могут, однако, непреднамеренно вызвать по меньшей мере ошибки в размещении аддитивной помехи и второй аддитивной помехи. При этом ценные сейсмические данные, перекрывающиеся с аддитивной помехой и второй аддитивной помехой, могут быть потеряны, если имеет место недооценка аддитивной помехи и второй аддитивной помехи.

Аддитивная помеха на графике 106 и вторая аддитивная помеха на графике 108 иллюстрируют примеры самосинхронной помехи (т.е. благодаря близости группового источника 80 и группового источника 86, разделенных расстоянием 95). В результате отделения данных самосинхронной помехи (SSN - от англ. self simultaneous noise) может оставаться повышенный уровень остаточного шума (например, в сравнении с независимой одновременной помехой, генерируемой другими источниками) из-за слабой когерентности сигнала, перекрывающегося с помехой сигнала с расширенным спектром (SSS - от англ. spread spectrum signal). Для того чтобы избежать перекрытия помехи SSS с сигналами от цели, могут быть использованы альтернативные методы получения данных, которые также обеспечивают улучшение процесса разделения данных от близлежащих источников по сравнению с методами, описанными в связи с фиг. 6.

На фиг. 8 представлен второй способ сейсмической съемки в морской среде, использующий систему 22 морской съемки и/или систему 31 морской съемки. Как показано на фиг. 8, судно 30 буксирует два источника (т.е. групповой источник 80 и групповой источник 86, хотя вместо любого из групповых источников 80 и 86, или вместо обеих групп могут быть использованы одиночные сейсмические источники) с тем, чтобы повысить эффективность работы (т.е. повысить плотность данных и/или сократить операционное время и расходы). В представленном варианте осуществления судно 30 включает контроллер 90 (описан ранее со ссылкой на фиг. 5 и 6), генерирующий и направляющий сигнал управления к групповому источнику 80 и/или групповому источнику 86 для их активизации (т.е. для активизации одного или более из сейсмических источников 78 и 84 в этих группах). В некоторых вариантах осуществления, контроллер 90 может включать процессор, интегральную схему или иную электронную схему обработки данных, обеспечивающую исполнение компьютерной программы или команд, для реализации описанных здесь способов. Контроллер 90 может также включать запоминающее устройство, устройство хранения данных и/или иные подходящие готовые изделия, которые могут служить средой для хранения исполняемой процессором программы, данных и др. Готовые изделия могут представлять машиночитаемую среду (например, запоминающее устройство или устройство хранения данных в любой подходящей форме), которая может хранить исполняемую компьютером программу, используемую процессором 64 контроллера 90 для реализации методов, раскрытых здесь со ссылкой на фиг. 8.

Обычно контроллер 90 может исполнять программные приложения и/или алгоритмы для генерирования одного или более сигналов управления для управления работой (например, активизации) группового источника 80 и/или группового источника 86. В других вариантах осуществления, каждый из отдельных контроллеров 90 может быть выделен для соответствующего группового источника 80 и группового источника 86, для генерирования одного или более сигналов управления, соответственно управляющих их работой. Кроме того, в то время как показаны только два групповых источника 80 и 86, при использовании описанных здесь методов может быть использовано более двух источников или групп (например, как будет показано со ссылкой на фиг. 11-13).

Как показано на чертеже, судно 30 буксирует групповой источник 80 вдоль линии 92 профиля возбуждения, и судно 30 буксирует групповой источник 86 вдоль линии 94 профиля возбуждения. Эти линии 92 и 94 профиля возбуждения (и, соответственно, групповой источник 80 и групповой источник 86) могут находиться на расстоянии 95 друг от друга, например, на расстоянии 50 м или другом. Групповой источник 80 выполняет активизации (например, в положениях 85, 87, 89, 91 и 93 пункта взрыва), отделенные друг от друга на расстоянии 96, например 25 м. Аналогично, групповой источник 86 выполняет активизации (например, в положениях 114, 116, 118, 120 и 122 пункта взрыва), также отделенные друг от друга на расстоянии 96, например 25 м. Кроме того, групповой источник 86 может производить активизации между активизациями группового источника 80, например, в положении 114 пункта взрыва на рас-

стоянии 98, измененном на величину 124 расстояния. Другими словами, система 22 морской съемки и/или система 31 морской съемки может быть исходно настроена на генерирование контроллером 90 возбудений в положениях 114, 116, 118, 120 и 122 пункта взрыва, которые не находятся в средней точке отрезка 96. Это расстояние 124 должно быть фиксированной величины, например, примерно 1 м, примерно 2 м, примерно 3 м или другой величины, либо расстояние 124 может составлять примерно от 1 м до 4 м, от 1 м до 3 м, от 1 м до 2 м, от 2 м до 3 м, от 2 м до 4 м, или другую величину. В альтернативном варианте, расстояние 124 может составлять примерно 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95% или 100% расстояния 98, или примерно 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% или 50% расстояния 96.

Контроллер 90 может, в частности, управлять расстояниями 96, 98, 100 и 124, генерируя сигналы управления, вызывающие активизацию групповых источников 80 и 86 в желательные и/или заранее заданные моменты времени, связанные с желательными и/или заранее заданными значениями расстояний 96, 98, 100 и 124. Контроллер 90 может генерировать сигналы управления в соответствии с загруженными в него командами, или сигналы управления могут быть определены и генерироваться контроллером 90 в реальном времени в ходе сейсмической съемки. Действительно, как показано на фиг. 8, контроллер 90 генерирует сигналы управления, которые изменяют расположение во времени положений 114, 116, 118, 120 и 122 пункта взрыва относительно положений 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва (т.е. создают смещение на расстояние 124 для каждого из положений 114, 116, 118, 120 и 122 пункта взрыва). Смещение на расстояние 124 фактического расположения одного или более положений 114, 116, 118, 120 и 122 пункта взрыва, описанное выше, может изменяться, и это изменение может быть случайным, псевдослучайным или соответствующим какой-либо закономерности, однако, после смещения расстояние 124 остается неизменным по меньшей мере для данной линии 94 профиля возбуждения. Отмечается, что смещение 124 может быть отрицательным или положительным.

В некоторых вариантах осуществления, одно или более положений 85, 87, 89, 91 и 93 пункта взрыва и положений 114, 116, 118, 120 и 122 пункта взрыва дополнительно подвергаются размыванию. Для этого, контроллер 90 генерирует сигналы управления так, чтобы фактическое положение одного или более положений 85, 87, 89, 91, 93, 114, 116, 118, 120 и 122 пункта взрыва изменялось на небольшую величину. Эта величина может составлять долю секунды, например, от примерно минус 250 мс до плюс 250 мс, или другую величину, составляющую обычно менее одной секунды, и может вызывать фактическое смещение одного или более положений 85, 87, 89, 91, 93, 114, 116, 118, 120 и 122 пункта взрыва на расстояние 102 (т.е. Δx) от показанных мест положений 85, 87, 89, 91, 93, 114, 116, 118, 120 и 122 пункта взрыва, причем, в частности, расстояние 102 меньше расстояний 96, 98, 100 и/или 124. Описанное размывание фактического расположения одного или более положений 85, 87, 89, 91, 93, 114, 116, 118, 120 и 122 пункта взрыва может быть изменяемым, и это изменение может быть случайным, псевдослучайным или соответствующим какой-либо закономерности. Таким образом, общее смещение, показанное на фиг. 8, включает как смещение 102 размывания (например, когда расстояние 102 изменяется случайным, псевдослучайным образом или в соответствии с каким-либо законом), так и расстояние смещения 124 (например, когда расстояние 124 фиксировано, по меньшей мере для данной линии 94 профиля возбуждения), и общий сдвиг уже более не является фиксированным для данной линии, когда включено подвергнутое размыванию расстояние. Равноценной реализацией этого принципа является смещение центра размывания момента времени взрыва на фиксированную величину. Например, в предположении, что судно 30 с источником колебаний проходит расстояние 124 за время t_{shift} , размывание момента времени активизации от минус 250 мс до плюс 250 мс с фиксированным расстоянием 124 смещения положения пункта взрыва может быть заменено размыванием от минус 250 мс + t_{shift} и плюс 250 мс + t_{shift} , без специального фиксированного смещения положения пункта взрыва. Отмечается, что смещение положения пункта взрыва может относиться как к линии 92 профиля возбуждения, так и к линии 94 профиля возбуждения, с использованием соответствующих различных расстояний.

На фиг. 9 иллюстрируется третий метод сейсмической съемки в морских условиях, использующий систему 22 морской съемки и/или систему 31 морской съемки. Как показано на чертеже, судно 30 буксирует два источника (т.е. групповой источник 80 и групповой источник 86, хотя вместо любого из групповых источников 80 и 86, или вместо обеих групп могут быть использованы одиночные сейсмические источники) с тем, чтобы повысить эффективность работы (т.е. повысить плотность данных и/или сократить операционное время и расходы). В представленном варианте осуществления судно 30 включает контроллер 90 (описан ранее со ссылкой на фиг. 5, 6 и 8), генерирующий и направляющий сигнал управления к групповому источнику 80 и/или групповому источнику 86 для их активизации (т.е. для одного или более из сейсмических источников 78 и 84 в этих группах для их активизации).

В некоторых вариантах осуществления, контроллер 90 может включать процессор, интегральную схему или иную электронную схему обработки данных, обеспечивающую исполнение компьютерной программы или команд, для реализации описанных здесь способов. Контроллер 90 может также включать запоминающее устройство, устройство хранения данных и/или иные подходящие готовые изделия, которые могут служить средой для хранения исполняемой процессором программы, данных и др. Готовые изделия могут представлять машиночитаемую среду (например, запоминающее устройство или уст-

ройство хранения данных в любой подходящей форме), которая может хранить исполняемую компьютером программу, используемую процессором 64 контроллера 90 для реализации методов, раскрытых здесь со ссылкой на фиг. 9.

Обычно контроллер 90 может исполнять программные приложения и/или алгоритмы для генерирования одного или более сигналов управления для управления работой (например, активизации) группового источника 80 и/или группового источника 86. В других вариантах осуществления, каждый из отдельных контроллеров 90 может быть выделен для соответствующего группового источника 80 и группового источника 86, для генерирования одного или более сигналов управления, соответственно управляющих их работой.

Кроме того, в то время как показаны только два групповых источника 80 и 86, при использовании описанных здесь методов может быть использовано более двух источников или групп.

Как показано на чертеже, судно 30 буксирует групповой источник 80 вдоль линии 92 профиля возбуждения, и судно 30 буксирует групповой источник 86 вдоль линии 94 профиля возбуждения. Эти линии 92 и 94 профиля возбуждения (и, соответственно, групповой источник 80 и групповой источник 86) могут находиться на расстоянии 95 друг от друга, например, на расстоянии 50 м или другом расстоянии. Также показано, что групповой источник 86 может быть смещен по горизонтали на расстояние 126 от положения группового источника 80 (т.е. групповой источник 80 расположен на первом расстоянии по горизонтали от судна 30, а групповой источник 86 расположен на втором расстоянии по горизонтали от судна 30, при этом разницей между первым расстоянием по горизонтали и вторым расстоянием по горизонтали является расстояние 126). Другими словами, система 22 морской съемки и/или системы 31 морской съемки могут быть в исходном положении настроены так, чтобы групповой источник 80 и групповой источник 86 были смещены один относительно другого вдоль направления движения судна 30 на расстояние 126, для формирования асимметричной геометрии системы 22 морской съемки и/или системы 31 морской съемки. Это расстояние 126 должно быть фиксированной величины, например, примерно 1 м, примерно 2 м, примерно 3 м или другой величины, либо расстояние 126 может составлять примерно от 1 м до 4 м, от 1 м до 3 м, от 1 м до 2 м, от 2 м до 3 м, от 2 м до 4 м, или другую величину. В альтернативном варианте, расстояние 126 может составлять примерно 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95% или 100% расстояния 98, или примерно 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% или 50% расстояния 96.

Групповой источник 80 активизирует взрывы (например, в положениях 85, 87, 89, 91 и 93 пункта взрыва), разделенных расстоянием 96, например 25 м. Аналогично, групповой источник 86 активизирует взрывы (например, в положениях 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва), также разделенных расстоянием 96, например 25 м. Более того, групповой источник 86 может активизировать взрывы между активизациями группового источника 80, например, в положении 97 пункта взрыва на расстоянии 98 от положения 85 пункта взрыва группового источника 80. Однако, хотя положение 85 пункта взрыва совпадает с описанным со ссылкой на фиг. 6 (т.е. контроллер 90 генерирует и направляет сигналы управления аналогично тому, как это описано выше применительно к фиг. 6), фактическое расположение группового источника 86 смещено на расстояние 126 относительно фактического расположения группового источника 86, показанного на фиг. 6. Этим смещением изменяются данные, генерируемые методом получения данных, показанным на фиг. 9, по сравнению с данными, генерируемыми согласно схеме на фиг. 6, как будет рассмотрено ниже со ссылкой на фиг. 10 и 11. Отмечается, что смещение (например, расстояние 126) может быть положительным или отрицательным. Также следует отметить, что этим смещением является положение группового источника 80 относительно группового источника 86, при этом оба групповых источника 80 и 86 могут быть смещены на любые заданные расстояния, но именно их относительное положение оказывает влияние на комбинацию данных, что будет рассмотрено ниже со ссылкой на фиг. 10 и 11.

Таким образом, система 22 морской съемки и/или система 31 морской съемки может быть исходно настроена так, чтобы контроллер 90 генерировал возбуждение в положениях 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва, однако из-за наличия расстояния 126 смещения группового источника 86, собранные данные не будут представлять данные из средней точки отрезка 96. Контроллер 90, например, может управлять расстояниями 96, 98 и 100, а расстоянием 126 может быть расстояние, формируемое посредством изменения длины буксировочного троса 128 относительно длины буксировочного троса 130 и/или посредством изменения относительного расположения источников 84/подгрупп внутри группового источника 86. Например, для изменения длины буксировочного троса 128 может быть использована лебедка или другой механизм. Контроллер 90 (или другой механизм управления) может быть использован для управления работой лебедки или другого механизма, для регулирования длины буксировочного троса 128 на определенную величину. В альтернативном варианте, вместо этого может быть использован буксировочный трос 128 с длиной, учитывающей добавление расстояния 126. На групповом источнике 86 или в качестве его части может использоваться крепежное средство или другое соединительное устройство для присоединения буксировочного троса к групповому источнику 86.

Кроме того, как будет рассмотрено более подробно со ссылкой на фиг. 12 и 13, в случае использования более двух групповых сейсмических источников, буксируемых одним судном 30, каждый из не-

скольких групповых источников может иметь отличающееся смещение для усиления некогерентности аддитивной помехи (т.е. для повышения хаотичности и некогерентности аддитивной помехи не следует использовать одинаковое смещение по расстоянию и/или по времени для каждого буксируемого группового источника). Различные смещения для каждого из групповых источников (например, положений пункта взрыва) можно рассматривать как пространственное кодирование, определяющее спектр аддитивной помехи. В каждой буксируемой косе/цепочке может использоваться одинаковый пространственный код, либо пространственный код для каждой косы/цепочки будет своим. Кроме того, контроллер 90 может генерировать сигналы управления в соответствии с загруженными в него командами, либо сигналы управления могут определяться и генерироваться контроллером 90 в реальном времени в ходе сейсмической съемки.

В некоторых вариантах осуществления, одно или более положений 85, 87, 89, 91 и 93 пункта взрыва и положений 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва подвергаются дополнительному размытию. Для этого контроллер 90 генерирует сигналы управления так, чтобы фактические положения одного или более положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва изменялись на небольшую величину. Эта величина может составлять долю секунды, например, от примерно минус 250 мс до плюс 250 мс, или другую величину, составляющую обычно менее одной секунды, и может вызывать фактическое смещение одного или более положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва на расстояние 102 (т.е. Δx) от показанных мест положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва, причем, в частности, расстояние 102 меньше расстояний 96, 98, 100. Описанное выше размытие фактического расположения одного или более положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва может быть изменяемым, и это изменение может быть случайным, псевдослучайным или соответствующим какой-либо закономерности. Таким образом, общее смещение, показанное на фиг. 9, включает как смещение 102 размытия (например, когда расстояние 102 изменяется случайным, псевдослучайным образом или в соответствии с каким-либо законом), так и расстояние 126 смещения (например, когда расстояние 126 фиксировано, по меньшей мере для данной линии 94 профиля возбуждения).

На фиг. 10 представлен вид в сечении (вдоль линии профиля возбуждения) собранных сейсмических данных (в частности, сейсмограммы общего пункта приема) при использовании метода, представленного на фиг. 8 или 9, или комбинации фиг. 8 и 9. График 129 соответствует сейсмическим данным от линии 92 профиля возбуждения, а график 131 соответствует сейсмическим данным от линии 94 профиля возбуждения. Аналогично, сигналы 132 данных или помеха соответствуют взрывам от источников 78, в то время как сигналы 134 соответствуют взрывам от источников 84. Как было показано со ссылкой на фиг. 8 и 9, при получении сейсмических данных съемкой с сейсмическими источниками, групповой сейсмический источник 80 направляет первый сигнал в первый момент времени (соответствующий положению 87 пункта взрыва, хотя и не первый сигнал в показанной последовательности), а групповой сейсмический источник 86 направляет второй сигнал во второй момент времени (соответствующий положению 114 пункта взрыва или положению 97 пункта взрыва с измененным расположением группового источника 86 на расстоянии 126 и размытием времени взрыва в интервале от, например, минус 500 мс и плюс 500 мс).

При этом, хотя и не отправленные одновременно, первый сигнал в первый момент времени (соответствующий положению 87 пункта взрыва) и второй сигнал во второй момент времени (соответствующий положению 97 или 114 пункта взрыва) могут быть отправлены с относительно небольшим временным интервалом так, что существует возможность возникновения нешумовой помехи сигнала во время приема первого сигнала от приема второго сигнала. Таким образом, иногда по меньшей мере часть второго сигнала принимается сейсмическими приемниками 33 и/или 36, когда предполагается, что сейсмические приемники 33 и/или 36 принимают первый сигнал.

Таким образом, собранные данные, соответствующие первому сигналу, могут включать данные, соответствующие второму сигналу. Как показано на фиг. 10, данные первичного сигнала (часть сигнала 132 данных на графике 129) могут соответствовать собранным данным, соответствующим первичному сигналу от многих возбуждений сейсмических источников (а именно, активизаций в положениях 85, 87, 89, 91 и 93 пункта взрыва), распространяющихся через один или более объектов внутри Земли и возвращающихся к сейсмическому приемнику. График 129 также включает аддитивную помеху (часть сигнала 134 данных на графике 129). Однако, в отличие от графиков на фиг. 7, аддитивная помеха на графике 129 не перекрывается с соответствующими данными 136 сигнала (т.е. данными слабого сигнала как части сигнала данных 132, относительно слабого по сравнению с данными первичного сигнала).

Действительно, благодаря использованию метода смещения, описанного применительно к каждой из фигур 8 и 9, аддитивная помеха в основном переместилась вниз на графике 129 и вверх на графике 131 (с оставшейся частью вышеупомянутого сигнала 132 данных на графике 129 и вышеупомянутого сигнала 134 данных на графике 131) так, чтобы все еще присутствующая аддитивная помеха больше не взаимодействовала с полезными данными 136 сигнала. Соответственно, полезные данные 136 сигнала могут быть использованы в сочетании с данными первичного сигнала для усовершенствования генерированных сейсмических моделей. Кроме того, за счет удаления аддитивной помехи из места расположения полезных данных сигнала, операции разделения данных от близлежащих источников могут быть существ-

венно усовершенствованы, поскольку данные, подлежащие разделению, упрощены по сравнению с данными на фиг. 7.

В частности, полезные данные 136 сигнала могут быть использованы для удаления второй аддитивной помехи, имеющейся на графике 131. Собранные данные на графике 131 включают данные второго первичного сигнала (например, часть сигнала 134 данных на графике 129, представляющего реальный сигнал, ассоциированный с главным откликом сигнала от группового источника 86 и групповыми возбуждениями в направлении одного или более объектов или продуктивных пластов, анализируемым как часть совокупности сейсмических данных, когерентного сигнала) и второй аддитивной помехи (часть сигнала 132 данных на графике 131). Вторая аддитивная помеха может перекрываться с полезными данными сигнала, относительно слабыми по сравнению с данными второго первичного сигнала. Однако полезные данные 136 сигнала могут быть использованы для удаления второй аддитивной помехи более эффективно в операции разделения данных от близлежащих источников благодаря непрерывности 3D пространства в направлении поперек профилей (перпендикулярно направлению профиля возбуждения).

В частности, полезные данные 136 сигнала на участке 138 могут быть использованы в процессе разделения данных от близлежащих источников для удаления второй аддитивной помехи на участке 140 второй аддитивной помехи. Этим будет обеспечена операция по разделению данных от близлежащих источников, которая будет в состоянии с большей легкостью и полнотой извлекать полезные данные сигнала, имеющие относительно низкий уровень по сравнению с данными второго первичного сигнала, поскольку полезные вторые данные на участке 140 соответствуют известным полезным данным 136 сигнала на участке 138 (т.е. известные полезные данные 136 сигнала на участке 138 играют роль образцовых для второй аддитивной помехи на участке 140, поскольку полезные данные 136 сигнала на участке 138 и полезные данные сигнала на участке 140 можно считать когерентными, когда взрывы упорядочены в 3D пространстве или пространстве более высокой размерности). По аналогии, полезные данные сигнала на графике 131 могут служить образцовыми данными для эффективного отделения аддитивной помехи (части сигнала 134 данных на графике 129). Графики 129 и 131 больше не характеризуются одинаковым спектром помехи (в отличие от графиков 106 и 108), что значительно упрощает разделение данных от близлежащих источников, если данные упорядочены в 3D пространстве или пространстве более высокой размерности).

Методы кодирования с перемежением, описанные применительно к каждой из фиг. 8 и 9, также позволяют нам решать, какая часть слабых первичных сигналов должна перекрываться с сильной аддитивной помехой. Это расширяет наши возможности таким образом, что важная часть сигналов (например, данные, используемые для отображения подповерхностного углеводородного пласта) не будет загрязнена аддитивной помехой или это загрязнение будет минимальным.

Как отмечалось выше, группы из нескольких источников могут быть использованы во взаимосвязи с описанными методами. Например, на фиг. 11 иллюстрируется осуществление четвертого метода сейсмической съемки в морской среде, использующего систему 22 морской съемки и/или систему 31 морской съемки. Как показано на чертеже, судно 30 буксирует шесть источников (т.е. групповой источник 80, групповой источник 86 вместе с групповым источником 142, групповым источником 144, групповым источником 146 и групповым источником 148 (хотя могут использоваться и одиночные сейсмические источники вместо одного или более из группового источника 80, группового источника 86, группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и группового источника 148)) для повышения эффективности работы (т.е. для повышения плотности данных и/или сокращения операционного времени и расходов). В представленном варианте осуществления, судно 30 включает контроллер 90, генерирующий и направляющий сигнал управления к групповому источнику 80, групповому источнику 86, групповому источнику 142, групповому источнику 144, групповому источнику 146 и/или групповому источнику 148 для их активизации (т.е. для одного или более из сейсмических источников 78 и 84 или других относящихся к этим группам сейсмических источников, для их активизации), как это было рассмотрено выше со ссылкой на фиг. 5.

Обычно контроллер 90 может исполнять программные приложения и/или алгоритмы для генерирования одного или более сигналов управления для управления работой (т.е. активизации) группового источника 80, группового источника 86, группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и группового источника 148. В других вариантах осуществления, каждый из отдельных контроллеров 90 может быть выделен для соответствующего группового источника 80, группового источника 86, группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и группового источника 148 для генерирования одного или более сигналов управления, соответственно управляющих их работой.

Как показано на чертеже, судно 30 буксирует групповой источник 80 вдоль линии 92 профиля возбуждения, а судно 30 буксирует групповой источник 86 вдоль линии 94 профиля возбуждения. Судно 30 также буксирует групповой источник 142 вдоль линии 150 профиля возбуждения, групповой источник 144 вдоль линии 152 профиля возбуждения, групповой источник 146 вдоль линии 154 профиля возбуждения и групповой источник 148 вдоль линии 156 профиля возбуждения. Эти линии 92, 94, 150, 152, 154 и 156 профиля возбуждения (и, соответственно, групповой источник 80, групповой источник 86, группо-

вой источник 142, групповой источник 144, групповой источник 146 и/или групповой источник 148) могут располагаться на расстоянии 95 друг от друга, например, 50 м или другом расстоянии, и могут быть, например, располагаться в любом азимутальном направлении, а не только (в горизонтальном) направлении вдоль буксируемой косы судна 30. Групповой источник 80, групповой источник 86, групповой источник 142, групповой источник 144, групповой источник 146 или групповой источник 148 могут активизировать взрывы в соответствии с последовательностью 158 взрывов. Дополнительно, групповой источник 80 активизирует взрывы (например, в положениях 85, 87, 89, 91 и 93 пунктов взрыва), разделенные расстоянием, например 25 м. Аналогично, групповой источник 86 активизирует взрывы (например, в положениях 97, 99, 101, 103 и 105 пунктов взрыва), также разделенные расстоянием, например 25 м. Таким же образом, каждый из группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и группового источника 148 активизирует взрывы (например, соответственно, в положениях 160, 162, 164, 166 и 168 пунктов взрыва, в положениях 170, 172, 174, 176 и 178 пунктов взрыва, в положениях 180, 182, 184, 186 и 188 пунктов взрыва и в положениях 190, 192, 194, 196 и 198 пунктов взрыва).

Далее, как иллюстрируется последовательностью 158 взрывов, каждый из группового источника 86, группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и группового источника 148 активизирует взрывы между взрывами группы 80 источников. Аналогично, каждый из группового источника 80, группового источника 86, группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и группового источника 148 активизирует взрывы между взрывами группы 86 источников. Такая закономерность продолжается для оставшегося группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и группового источника 148. Взрывы, активизируемые в связи с последовательностью 158 взрывов, могут быть разделены расстоянием 200. В некоторых вариантах осуществления, этим расстоянием 200 является полное расстояние между двумя взрывами от группового источника вдоль траектории его взрывов, в частности, группового источника 80 вдоль его линии 92 профиля возбуждения, разделенное на полное число буксируемых групповых источников, например, показанных шести групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148 (хотя можно представить и другие величины и расстояния для расстояния 200).

Контроллер 90 может, в частности, управлять расстояниями между взрывами на каждой из линий 92, 94, 150, 152, 154 и 156 профиля возбуждения посредством генерирования сигналов управления, вызывающих активизацию групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148 в требуемые и/или заранее установленные моменты времени, ассоциированные с требуемыми и/или заранее установленными величинами расстояний между взрывами (линии профиля возбуждения, в частности, линии 92 профиля возбуждения) и расстояния 200. Контроллер 90 может генерировать сигналы управления в соответствии с загруженными в него командами, или сигналы управления могут быть определены и генерироваться контроллером 90 в реальном времени в ходе сейсмической съемки.

В некоторых вариантах осуществления, одно или более положений 85, 87, 89, 91 и 93, 97, 99, 101, 103 и 105, 160, 162, 164, 166 и 168, 170, 172, 174, 176 и 178, 180, 182, 184, 186 и 188, и 190, 192, 194, 196 и 198 пунктов взрыва подвергаются дополнительному размыванию. Для этого контроллер 90 генерирует сигналы управления так, чтобы фактическое положение одного или более из положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103, 105, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196 и 198 пунктов взрыва подвергалось изменению на небольшую величину. Эта величина может составлять долю секунды, например, между примерно минус 250 мс и плюс 250 мс, или другую величину, составляющую обычно менее одной секунды, и может вызывать смещение фактического положения одного или более положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва на расстояние 102 (т.е. Δx) от показанных мест положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103, 105, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196 и 198 пунктов взрыва, причем расстояние 102, в частности, меньше расстояния 200 и расстояний между взрывами (для данной линии профиля возбуждения, например, линии 92 профиля возбуждения). Размывание фактического положения одного или более положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103, 105, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196 и 198 пунктов взрыва, описанное выше, изменяется, и это изменение может быть случайным, псевдослучайным или соответствовать какой-либо закономерности.

На фиг. 12 иллюстрируется пятый метод сейсмической съемки в морской среде, использующий систему 22 морской съемки и/или систему 31 морской съемки. Как показано, судно 30 буксирует шесть источников (т.е. групповой источник 80, групповой источник 86, групповой источник 142, групповой источник 144, групповой источник 146 и групповой источник 148, хотя могут использоваться и одиночные сейсмические источники вместо одного или более из групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148) для повышения эффективности работы (т.е. для повышения плотности данных и/или сокращения операционного времени и расходов).

В представленном варианте осуществления, судно 30 включает контроллер 90, генерирующий и направляющий сигнал управления к групповому источнику 80, групповому источнику 86, групповому источнику 142, групповому источнику 144, групповому источнику 146 и/или групповому источнику 148 для их активизации (т.е. для активизации одного или более из сейсмических источников 78 и 84 или других относящихся к этим групповым сейсмическим источникам), как это было рассмотрено выше со

ссылкой на фиг. 5. Обычно контроллер 90 может исполнять программные приложения и/или алгоритмы для генерирования одного или более сигналов управления для управления работой (т.е. активизации) группового источника 80, группового источника 86, группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и/или группового источника 148. В других вариантах осуществления, каждый из отдельных контроллеров 90 может быть выделен для соответствующего группового источника 80, группового источника 86, группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и/или группового источника 148 для генерирования одного или более сигналов управления, соответственно управляющих их работой.

Как показано на чертеже, судно 30 буксирует групповой источник 80 вдоль линии 92 профиля возбуждения, а судно 30 буксирует групповой источник 86 вдоль линии 94 профиля возбуждения. Судно 30 также буксирует групповой источник 142 вдоль линии 150 профиля возбуждения, групповой источник 144 вдоль линии 152 профиля возбуждения, групповой источник 146 вдоль линии 154 профиля возбуждения и групповой источник 148 вдоль линии 156 профиля возбуждения. Эти линии 92, 94, 150, 152, 154 и 156 профиля возбуждения (и, соответственно, групповой источник 80, групповой источник 86, групповой источник 142, групповой источник 144, групповой источник 146 и/или групповой источник 148) могут располагаться на расстоянии 95 друг от друга, например, 50 м или другом расстоянии. Групповой источник 80, групповой источник 86, групповой источник 142, групповой источник 144, групповой источник 146 и/или групповой источник 148 могут активизировать взрывы в соответствии с последовательностью взрывов. Групповой источник 80 активизирует взрывы в положениях 204, 206, 208, 210 и 212 пунктов взрыва, каждое из которых смещают на расстояние 264 (т.е. Δx_1) относительно положений 85, 87, 89, 91 и 93 пункта взрыва. Каждое из положений 204, 206, 208, 210 и 212 пунктов взрыва может быть разделено некоторым расстоянием, например 25 м. Аналогично, групповой источник 86 активизирует взрывы (например, в положениях 214, 216, 218, 220 и 222 пункта взрыва, каждое из которых смещают на расстояние 266 (т.е. Δx_2) относительно соответствующих положений 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва), также разделенные некоторым расстоянием, например 25 м. Таким же образом, каждый из группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и/или группового источника 148 активизирует взрывы, соответственно, в положениях 224, 226, 228, 230 и 232 пункта взрыва (каждое смещено на соответствующее расстояние 268 (т.е. Δx_3) относительно положений 160, 162, 164, 166 и 168), в положениях 234, 236, 238, 240 и 242 пункта взрыва (каждое смещено на соответствующее расстояние 270 (т.е. Δx_4) относительно положений 170, 172, 174, 176 и 178 пунктов взрыва), в положениях 244, 246, 248, 250 и 252 пункта взрыва (каждое смещено на соответствующее расстояние 272 (т.е. Δx_5) относительно положений 180, 182, 184, 186 и 188 пункта взрыва), и в положениях 254, 256, 258, 260, и 262 пункта взрыва (каждое смещено на соответствующее расстояние 274 (т.е. Δx_6) относительно положений 190, 192, 194, 196 и 198 пункта взрыва).

Таким же образом, каждый из группового источника 86, группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и/или группового источника 148 активизирует взрывы между взрывами группового источника 80. Последовательность взрывов может, однако, отличаться от последовательности 158 взрывов, показанной на фиг. 11. Например, после активизации группового источника 80 в положении 206 пункта взрыва, взрыв может быть произведен групповым источником 144 в положении 236 пункта взрыва. После этого, взрыв может быть произведен групповым источником 146 в положении 244 пункта взрыва. Затем, взрыв может быть произведен групповым источником 142 в положении 224 пункта взрыва, взрыв может быть произведен групповым источником 148 в положении 254 пункта взрыва и взрыв может быть произведен групповым источником 86 в положении 214 пункта взрыва. Эта последовательность взрывов демонстрирует, что каждое из расстояния 264 (т.е. Δx_1), расстояния 266 (т.е. Δx_2), расстояния 268 (т.е. Δx_3), расстояния 270 (т.е. Δx_4), расстояния 272 (т.е. Δx_5) и расстояния 274 (т.е. Δx_6) может быть положительным или отрицательным. Используемая закономерность последовательности взрывов может продолжаться для остальных групповых источников 86, 142, 144, 146 и 148. Дополнительно могут быть изменены одно или более расстояний 264, 266, 268, 270, 272 или 274 (т.е. могут быть переменными или изменяемыми управляемым выбором, например, посредством контроллера 90), что создаст новую закономерность последовательности взрывов, которая может быть повторена в дальнейшем по аналогии с описанным выше.

В других вариантах осуществления, одно или более из расстояний 264, 266, 268, 270, 272 или 274 также могут быть равными нулю (т.е. смещение отсутствует). Аналогично, одно или более из расстояний 264, 266, 268, 270, 272 или 274 могут быть фиксированной величины, например, примерно 1 м, примерно 2 м, примерно 3 м или другой величины (как в положительном, так и отрицательном направлении по отношению к судну 30, т.е. ближе к судну 30 или дальше от него), или расстояние 124 может составлять примерно от 1 м до 4 м, от 1 м до 3 м, от 1 м до 2 м, от 2 м до 3 м, от 2 м до 4 м, или другой величины (в любом, положительном или отрицательном направлении относительно судна 30, т.е. ближе к судну 30 или дальше от него). В альтернативном варианте, расстояние 124 может составлять примерно 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95% или 100% расстояния между взрывами по линии профиля возбуждения, например, линии 92 профиля возбуждения, или

примерно 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% или 50% расстояния между взрывами по линии профиля возбуждения, например, линии 92 профиля возбуждения.

Как отмечалось ранее, контроллер 90 может, в частности, управлять расстояниями 264, 266, 268, 270, 272 и 274, вырабатывая сигналы управления, вызывающие активизацию групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148 в требуемые и/или заранее установленные моменты времени, связанные с требуемыми и/или заранее установленными величинами расстояний 264, 266, 268, 270, 272 и 274. Контроллер 90 может генерировать сигналы управления в соответствии с загруженными в него командами, или сигналы управления могут быть определены и генерироваться в реальном времени в ходе сейсмической съемки контроллером 90. Действительно, как показано на фиг. 12, контроллер генерирует сигналы управления, которые изменяют временную привязку положений пункта взрыва на линиях 92, 94, 150, 152, 154 и 156 профиля возбуждения относительно распределения по времени положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103, 105, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196 и 198 пункта взрыва на фиг. 11, дополнительно использованных для ссылки на фиг. 12. Таким образом, контроллер 90 вызывает, в частности, смещение на расстояния 264, 266, 268, 270, 272 и 274 для каждого из положений 204, 214, 224, 234, 244 и 254 пункта взрыва. Смещение на расстояния 264, 266, 268, 270, 272 и 274 фактического положения одного или более положений 204, 214, 224, 234, 244 и 254 пункта взрыва, упомянутое выше, может быть изменяемым, и это изменение может быть случайным, псевдослучайным или соответствующим какой-либо закономерности, однако после смещения расстояния 264, 266, 268, 270, 272 и 274 остаются неизменными по меньшей мере в пределах данной линии 94 профиля возбуждения.

В некоторых вариантах осуществления, одно или более из положений 204, 206, 208, 210 и 212 пункта взрыва, положений 214, 216, 218, 220 и 222 пункта взрыва, положений 224, 226, 228, 230 и 232 пункта взрыва, положений 234, 236, 238, 240 и 242 пункта взрыва, положений 244, 246, 248, 250 и 252 пункта взрыва, и положений 254, 256, 258, 260 и 262 пункта взрыва подвергаются дополнительному размыванию. Для этого контроллер 90 генерирует сигналы управления так, чтобы фактическое положение одного или более положений 204, 206, 208, 210, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260 и 262 пункта взрыва изменяется на небольшую величину. Эта величина может составлять долю секунды, например, от примерно минус 250 мс до плюс 250 мс, или другую величину, составляющую обычно менее одной секунды, и может вызывать фактическое смещение одного или более положений 204, 206, 208, 210, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260 и 262 пункта взрыва на расстояние 102 (т.е. Δx) от показанных мест положений 204, 206, 208, 210, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260 и 262 пункта взрыва, причем, в частности, расстояние 102 меньше расстояний 264, 266, 268, 270, 272 и 274.

Описанное выше размывание фактического расположения одного или более положений 204, 206, 208, 210, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260 и 262 пункта взрыва может быть изменяемым, и это изменение может быть случайным, псевдослучайным или соответствующим какой-либо закономерности. Таким образом, общее смещение, показанное на фиг. 12, включает как смещение 102 размывания (например, когда расстояние 102 изменяется случайным, псевдослучайным образом или в соответствии с каким-либо законом), так и расстояния смещения 264, 266, 268, 270, 272 и 274 (например, когда расстояния 264, 266, 268, 270, 272 и 274 фиксированы, по меньшей мере для данной линии профиля возбуждения, например для линии 94 профиля возбуждения), и общее смещение уже более не является фиксированным для данной линии, когда включено расстояние возмущения размыванием. Равноценной реализацией этого принципа является смещение центра размывания момента времени взрыва на фиксированную величину. Например, в предположении, что судно 30 с источником колебаний проходит за время t_{shift} например расстояние 124, размывание момента времени возбуждения от минус 250 мс до плюс 250 мс с фиксированным расстоянием 124 смещения положения пункта взрыва может быть заменено возмущением размывания от минус 250 мс + t_{shift} и плюс 250 мс + t_{shift} , без специального фиксированного смещения положения пункта взрыва. Отмечается, что смещение положения пункта взрыва может относиться к линиям 92, 94, 150, 152, 154 и 156 профиля возбуждения, с использованием соответствующих различных расстояний. Это смещение изменяет данные, вырабатываемые методом сейсмической съемки, иллюстрированным на фиг. 12, по сравнению с данными, генерируемыми согласно фиг. 11, как это было ранее установлено со ссылкой на фиг. 10.

На фиг. 13 представлен шестой метод сейсмической съемки в морской среде, использующий систему 22 морской съемки и/или систему 31 морской съемки. Как показано на чертеже, судно 30 буксирует шесть источников (т.е. групповой источник 80, групповой источник 86, групповой источник 142, групповой источник 144, групповой источник 146 и групповой источник 148, хотя могут использоваться и одиночные сейсмические источники вместо одного или более из групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148) для повышения эффективности работы (т.е. для повышения плотности данных и/или сокращения операционного времени и расходов).

В представленном варианте осуществления, судно 30 включает контроллер 90, генерирующий и направляющий сигнал управления к групповому источнику 80, групповому источнику 86, групповому ис-

точнику 142, групповому источнику 144, групповому источнику 146 и/или групповому источнику 148 для их активизации (т.е. активизации одного или более из сейсмических источников 78 и 84 или других относящихся к этим группам сейсмических источников), как это было рассмотрено выше со ссылкой на фиг. 5. Обычно контроллер 90 может исполнять программные приложения и/или алгоритмы для генерирования одного или более сигналов управления для управления работой (т.е. активизации) группового источника 80, группового источника 86, группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и/или группового источника 148. В других вариантах осуществления, каждый из отдельных контроллеров 90 может быть выделен для соответствующего группового источника 80, группового источника 86, группового источника 142, группового источника 144, группового источника 146 и/или группового источника 148 для генерирования одного или более сигналов управления, соответственно управляющих их работой.

Как показано на чертеже, судно 30 буксирует групповой источник 80 вдоль линии 92 профиля возбуждения, и судно 30 буксирует групповой источник 86 вдоль линии 94 профиля возбуждения. Судно 30 также буксирует групповой источник 142 вдоль линии 150 профиля возбуждения, групповой источник 144 вдоль линии 152 профиля возбуждения, групповой источник 146 вдоль линии 154 профиля возбуждения и групповой источник 148 вдоль линии 156 профиля возбуждения. Эти линии 92, 94, 150, 152, 154 и 156 профиля возбуждения (и, соответственно, групповой источник 80, групповой источник 86, групповой источник 142, групповой источник 144, групповой источник 146 и/или групповой источник 148) могут располагаться на расстоянии 95 друг от друга, например, 50 м или другом расстоянии. Групповой источник 80, групповой источник 86, групповой источник 142, групповой источник 144, групповой источник 146 и/или групповой источник 148 могут активизировать взрывы в соответствии с последовательностью взрывов.

Как показано дополнительно, групповой источник 80 может быть смещен по горизонтали на расстояние 276 (т.е. Δx_1) из положения группового источника 80 на фиг. 11 и 12. Аналогично, групповой источник 86 может быть смещен по горизонтали на расстояние 278 (т.е. Δx_2) из положения группового источника 86 на фиг. 11 и 12. Таким же образом, групповой источник 142 может быть смещен по горизонтали на расстояние 280 (т.е. Δx_3) из положения группового источника 142 на фиг. 11 и 12, групповой источник 144 может быть смещен по горизонтали на расстояние 282 (т.е. Δx_4) из положения группового источника 144 на фиг. 11 и 12, групповой источник 146 может быть смещен по горизонтали на расстояние 284 (т.е. Δx_5) из положения группового источника 146 на фиг. 11 и 12, и групповой источник 148 может быть смещен по горизонтали на расстояние 286 (т.е. Δx_6) из положения группового источника 148 на фиг. 11 и 12.

Другими словами, система 22 морской съемки и/или система 31 морской съемки могут быть в исходном положении настроены так, чтобы групповые источники 80, 86, 142, 144, 146 и 148 были смещены один относительно другого вдоль направления движения судна 30 и/или, в частности, смещены относительно общего расстояния вдоль направления движения судна 30. Аналогично, один или более из групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148 могут и не быть смещены, в частности, относительно их положения на фиг. 11 и 12, и/или один или более из групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148 могут быть смещены на одинаковое расстояние от судна 30. Эти смещения, представленные на фиг. 13 расстояниями 276, 278, 280, 282, 284 и 286, создают асимметрию геометрии системы 22 морской съемки и/или системы 31 морской съемки. Эти расстояния 276, 278, 280, 282, 284 и 286 могут иметь фиксированные величины, в частности, примерно 1 м, примерно 2 м, примерно 3 м или другую величину (как в положительном, так и отрицательном направлении по отношению к судну 30, т.е. ближе к судну 30 или дальше от него), либо расстояния 276, 278, 280, 282, 284 и 286 могут составлять примерно от 1 м до 4 м, от 1 м до 3 м, от 1 м до 2 м, от 2 м до 3 м, от 2 м до 4 м, или другую величину (в любом, положительном или отрицательном направлении относительно судна 30, т.е. ближе к судну 30 или дальше от него). В альтернативном варианте, расстояния 276, 278, 280, 282, 284 и 286 могут составлять примерно 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95% или 100% расстояния между взрывами по линии профиля возбуждения, например, линии 92 профиля возбуждения, или примерно 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% или 50% расстояния между взрывами по линии профиля возбуждения, например, линии 92 профиля возбуждения.

По аналогии с приведенным выше рассмотрением фиг. 11, групповой источник 80, групповой источник 86, групповой источник 142, групповой источник 144, групповой источник 146 и групповой источник 148 могут активизировать взрывы. Групповой источник 80 активизирует взрывы в положениях 85, 87, 89, 91 и 93 пункта взрыва, и групповой источник 86 активизирует взрывы в положениях 97, 99, 101, 103 и 105 пункта взрыва. Аналогично, групповой источник 142, групповой источник 144, групповой источник 146 и групповой источник 148 активизируют взрывы, соответственно, в положениях 160, 162, 164, 166 и 168 пункта взрыва, положениях 170, 172, 174, 176 и 178 пункта взрыва, положениях 180, 182, 184, 186 и 188 пункта взрыва, и положениях 190, 192, 194, 196 и 198 пункта взрыва.

Однако из-за смещения положения групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148, как показано на фиг. 13, в то время как положения 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103, 105, 160, 162, 164, 166, 168, 170,

172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196 и 198 пункта взрыва соответствуют описанным со ссылкой на фиг. 11 (т.е. контроллер 90 генерирует и направляет сигналы управления так, как это описано выше применительно к фиг. 11), физическое расположение групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148 на фиг. 13 смещено, соответственно, на расстояния 276, 278, 280, 282, 284 и 286 относительно фактического расположения групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148, показанного на фиг. 11. Это смещение изменяет данные, вырабатываемые методом сейсмической съемки, иллюстрированным на фиг. 13, по сравнению с данными, генерируемыми согласно фиг. 11, как это было ранее установлено со ссылкой на фиг. 10.

Система 22 морской съемки и/или система 31 морской съемки могут быть исходно настроены так, чтобы контроллер 90 генерировал возбуждение в положениях 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103, 105, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196 и 198 пункта взрыва, однако из-за наличия смещений на расстояния 276, 278, 280, 282, 284 и 286 групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148, собранные данные не будут представлять данные, например, из средней точки отрезка 96. Контроллер 90, например, может управлять расстояниями 276, 278, 280, 282, 284 и 286, представляющими одно или более заранее заданных расстояний, которые формируются посредством изменения длины буксировочного троса 128, троса 130, троса 288, троса 290, троса 292 и троса 294, и/или посредством изменения относительного расположения источников 78, 84/подгрупп внутри групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148. Например, для изменения длины буксировочных тросов 128, 130, 288, 290, 292 и/или 294 может быть использована лебедка или другой механизм. Контроллер 90 (или другой механизм управления) может быть использован для управления работой лебедки или другого механизма, для регулирования длины буксировочных тросов 128, 130, 288, 290, 292 и/или 294 на одну или более соответствующих фиксированных величин. В альтернативном варианте, вместо этого могут быть использованы буксировочные тросы 128, 130, 288, 290, 292, и 294 с одной или более фиксированными длинами, для формирования расстояний 276, 278, 280, 282, 284 и 286. На групповых источниках 80, 86, 142, 144, 146 и 148 может быть установлено или использовано в качестве их части крепежное средство или другое соединительное устройство для присоединения буксировочных тросов 128, 130, 288, 290, 292 и 294 к их соответствующим групповым источникам 80, 86, 142, 144, 146 и 148.

Как показано на фиг. 13, каждый из нескольких групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148 получает разные смещения для усиления некогерентности аддитивной помехи (т.е. для достижения большей стохастичности и некогерентности аддитивной помехи каждый буксируемый групповой источник 80, 86, 142, 144, 146 и 148 не должен получать одно и то же смещение по расстоянию и/или по времени). Различные смещения каждому из групповых источников 80, 86, 142, 144, 146 и 148 (например, положения пунктов взрыва) могут рассматриваться как пространственное кодирования, определяющее спектр аддитивной помехи. Каждая буксируемая коса/последовательность может иметь один и тот же пространственный код или для каждой буксируемой косы/последовательности могут использоваться отличающиеся пространственные коды. Кроме того, контроллер 90 может генерировать сигналы управления в соответствии с загруженными в него командами, либо сигналы управления могут определяться и генерироваться контроллером 90 в реальном времени в ходе сейсмической съемки.

В некоторых вариантах осуществления, одно или более из положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103, 105, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196 и 198 пункта взрыва подвергаются дополнительному размывающему воздействию. Другими словами, контроллер 90 генерирует сигналы управления так, чтобы фактическое положение одного или более из положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103, 105, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196 и 198 пункта взрыва регулировалось на небольшую величину. Эта величина может составлять долю секунды, например, от примерно минус 250 мс до плюс 250 мс, или другую величину, составляющую обычно менее одной секунды, и может вызывать фактическое смещение одного или более положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103, 105, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196 и 198 пункта взрыва на расстояние 102 (т.е. Δx) от показанного местонахождения положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103, 105, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196 и 198 пункта взрыва, причем, в частности, расстояние 102 меньше расстояний 276, 278, 280, 282, 284 и 286. Размывание фактического расположения одного или более из описанных выше положений 85, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 103, 105, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196 и 198 пункта взрыва может быть изменяемым, и это изменение может быть случайным, псевдослучайным, или соответствовать какой-либо определенной закономерности. Таким образом, общее смещение, показанное на фиг. 13, включает как смещение 102 размывания (например, когда расстояние 102 изменяется случайным, псевдослучайным образом или в соответствии с каким-либо законом), так и расстояния 276, 278, 280, 282, 284 и 286 смещения (например, когда расстояние 126 фиксировано, по меньшей мере для данной линии профиля возбуждения, например, для линии 94 профиля возбуждения).

Технические эффекты этого раскрытия включают систему и способы модификации сейсморазведочных работ, приводящей к изменению спектра аддитивной помехи вдоль разных линий профиля возбуждения (т.е. большей некогерентности аддитивной помехи) и возможности управления частью сейсми-

ческих данных, которые будут загрязнены аддитивной помехой. Эти методы съемки позволяют усовершенствовать процесс разделения данных от близлежащих источников благодаря вариациям спектра помехи и усилению некогерентности аддитивной помехи. Эти методы включают смещение физического расположения источника относительно другого источника или смещение в физических положениях пункта взрыва линии профиля возбуждения относительно другой линии, или смещение во времени активизации источника относительно возбуждения другого источника, и размывание времени возбуждения по случайному закону. Сейсмограммы, полученные после разделения данных от близлежащих источников, могут быть относительно чистыми сейсмограммами (по сравнению с сейсмограммой, при получении которой не использовалась раскрытая методика), которые могут быть использованы как для отображения, анализа исходных данных (до суммирования), например, анализа зависимости амплитуды от выноса точки взрыва (AVO - от англ. amplitude vs. offset), так и для построения модели скорости, например с использованием полноволновой инверсии (FWI - от англ. full-wave inversion). Таким образом, эти описанные здесь операции по извлечению и обработке могут улучшить качество данных на входе формирователей сейсмического изображения. При улучшении входных данных формирователя сейсмического изображения получающееся сейсмическое изображение может быть также улучшено, способствуя улучшению представления углеводородов в подповерхностной зоне Земли или осложнений в процессе бурения в подповерхностной зоне.

Описанные выше конкретные варианты осуществления были представлены в качестве примера, и следует понимать, что эти варианты осуществления могут подвергаться различным модификациям и реализации в других формах. Также следует понимать, что формула изобретения не предполагает ограничения этими конкретными раскрытыми формами, но, напротив, должна охватывать все модификации, эквиваленты и альтернативы, находящиеся в пределах существа и области защиты настоящего раскрытия.

Представленные и заявленные здесь способы относятся и применимы к материальным объектам и конкретным примерам практического характера, которые очевидно усовершенствуют техническую область и, по этой причине, не являются абстрактными, нематериальными или сугубо теоретическими. Кроме того, если приложенная в конце настоящего описания формула изобретения содержит один или более элементов, обозначенных как "средства для [выполнения] [функции]" или "шаг для [выполнения] [функции]", предполагается, что такие элементы должны восприниматься согласно статье 35 Свода Законов США пар. 112(f). Однако, для любых пунктов формулы, содержащих элементы, обозначенные любым другим образом, предполагается, что такие элементы не должны интерпретироваться согласно статье 35 Свода Законов США пар. 112(f).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ сейсмической съемки, в котором размещают первый групповой источник на первом расстоянии от судна вдоль направления линии профиля возбуждения; размещают второй групповой источник на втором расстоянии от судна вдоль направления линии профиля возбуждения, причем второе расстояние вдоль направления линии профиля возбуждения отличается от первого расстояния; активизируют первый групповой источник; активизируют второй групповой источник после активизации первого группового источника и перед другой активизацией первого группового источника и размывают моменты времени активизации по меньшей мере одного из первого группового источника или второго группового источника посредством корректирования момента времени, когда происходит активизация по меньшей мере одного из первого группового источника или второго группового источника, на псевдослучайный промежуток времени для изменения расстояния до положения пункта активизации по меньшей мере одного из первого группового источника или второго группового источника.
2. Способ по п.1, в котором используют буксировочный трос первой длины для размещения первого группового источника на первом расстоянии от судна и используют буксировочный трос второй длины для размещения второго группового источника на втором расстоянии от судна.
3. Способ по п.1, в котором изменяют длину буксировочного троса, соединенного со вторым групповым источником, для размещения второго группового источника на втором расстоянии от судна.
4. Способ по п.1, в котором размещают первый групповой источник, содержащий группу сейсмических источников, над областью сейсмической съемки перед активизацией первого группового источника и размещают второй групповой источник, содержащий группу вторых сейсмических источников, над областью сейсмической съемки перед активизацией второго группового источника.
5. Способ по п.4, в котором буксируют за судном первый групповой источник и второй групповой источник.

6. Способ по п.1, в котором размещают третий групповой источник на третьем расстоянии от судна, причем третье расстояние отличается по меньшей мере от одного из первого расстояния и второго расстояния; и активизируют третий групповой источник после активизации первого группового источника и перед другой активизацией первого группового источника.

7. Система сейсмической съемки, включающая первый групповой источник, в процессе работы присоединенный к первому буксировочному тросу, имеющему первую длину; второй групповой источник, в процессе работы присоединенный ко второму буксировочному тросу, имеющему вторую длину, отличающуюся от первой длины; и контроллер, выполненный с возможностью в процессе работы направления сигнала управления для активизации первого группового источника; направления второго сигнала управления для активизации второго группового источника после активизации первого группового источника и перед другой активизацией первого группового источника и размывания моментов времени активизации по меньшей мере одного из первого группового источника или второго группового источника посредством корректирования момента времени, когда происходит активизация по меньшей мере одного из первого группового источника или второго группового источника, на псевдослучайный промежуток времени для изменения расстояния до положения пункта активизации по меньшей мере одного из первого группового источника или второго группового источника.

8. Система по п.7, включающая лебедку, в процессе работы изменяющую вторую длину второго буксировочного троса.

9. Система по п.8, в которой контроллер в процессе работы направляет третий сигнал управления для управления работой лебедки.

10. Система по п.7, в которой второй групповой источник содержит крепежное средство, присоединяющее в процессе работы второй буксировочный трос ко второму групповому источнику.

11. Система по п.7, включающая третий групповой источник, в процессе работы присоединенный к третьему буксировочному тросу, имеющему третью длину, отличающуюся по меньшей мере от одной из первой длины и второй длины, причем контроллер в процессе работы направляет третий сигнал управления для активизации третьего группового источника после активизации первого группового источника и перед другой активизацией первого группового источника.

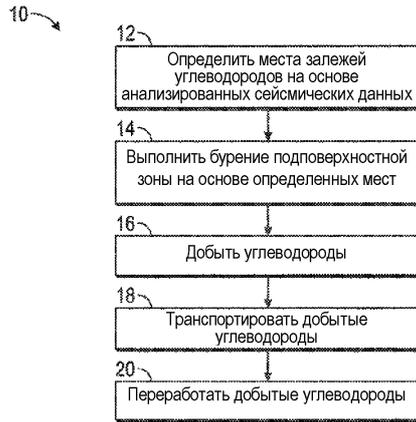
12. Система по п.7, включающая судно, в процессе работы присоединенное к первому буксировочному тросу и второму буксировочному тросу для буксирования первого группового источника и второго группового источника, для получения массива сейсмических данных сейсмической съемки, отображающих по меньшей мере часть заданного объема Земли.

13. Способ сейсмической съемки, в котором размещают первый групповой источник вдоль первой линии профиля возбуждения; размещают второй групповой источник вдоль второй линии профиля возбуждения; генерируют первый сигнал управления для активизации первого группового источника в размытый первый момент времени, включающий первую корректировку первого момента времени, когда происходит активизация первого группового источника, в соответствии с заранее определенной закономерностью корректировок моментов времени для изменения первого расстояния первого положения пункта активизации первого группового источника; и генерируют второй сигнал управления для активизации второго группового источника в смещенный размытый второй момент времени, включающий вторую корректировку на фиксированную величину второго момента времени, когда происходит активизация второго группового источника, для изменения второго расстояния до второго положения пункта активизации второго группового источника.

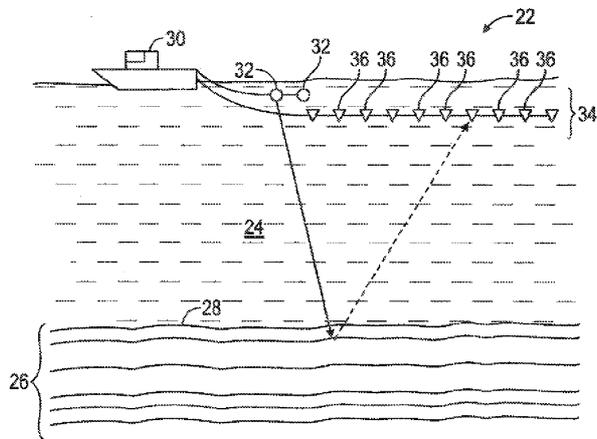
14. Способ по п.13, в котором направляют первый сигнал управления к первому групповому источнику и активизируют первый групповой источник в размытый первый момент времени в соответствии с первым сигналом управления.

15. Способ по п.14, в котором направляют второй сигнал управления ко второму групповому источнику и активизируют второй групповой источник в смещенный размытый второй момент времени в соответствии со вторым сигналом управления, инициированным ожидаемым временем вступления сейсмической волны от второго группового источника, после смещения на фиксированное расстояние для второй линии профиля возбуждения, плюс смещенный размытый второй момент времени.

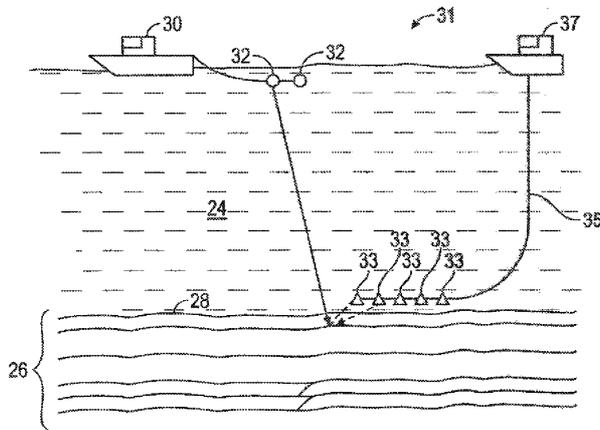
16. Способ по п.13, в котором размещают третий групповой источник вдоль третьей линии профиля возбуждения и генерируют третий сигнал управления для активизации третьего группового источника в смещенный размытый третий момент времени, включающий третью корректировку на вторую фиксированную величину третьего момента времени, когда происходит активизация третьего группового источника, для изменения третьего расстояния положения пункта активизации третьего группового источника.



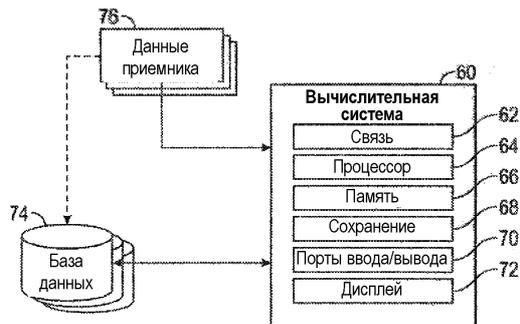
Фиг. 1



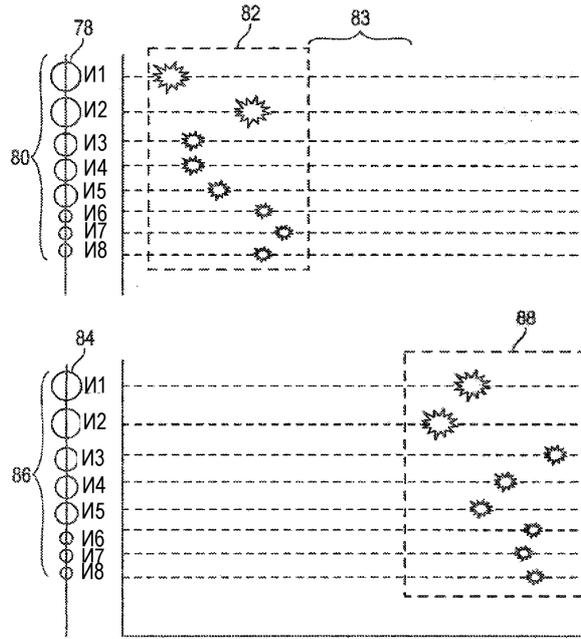
Фиг. 2



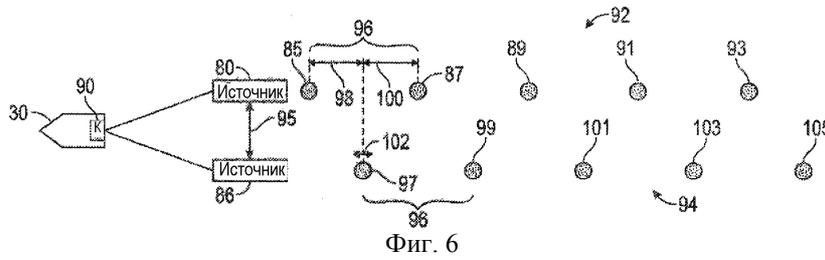
Фиг. 3



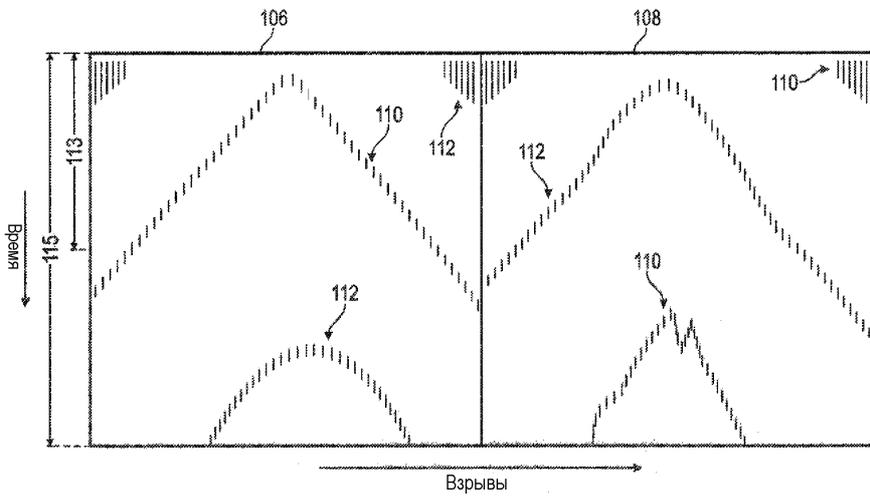
Фиг. 4



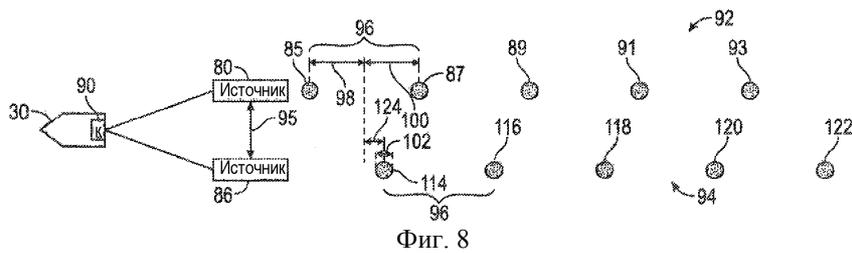
Фиг. 5



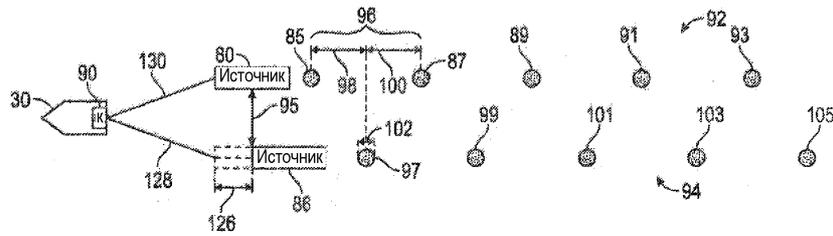
Фиг. 6



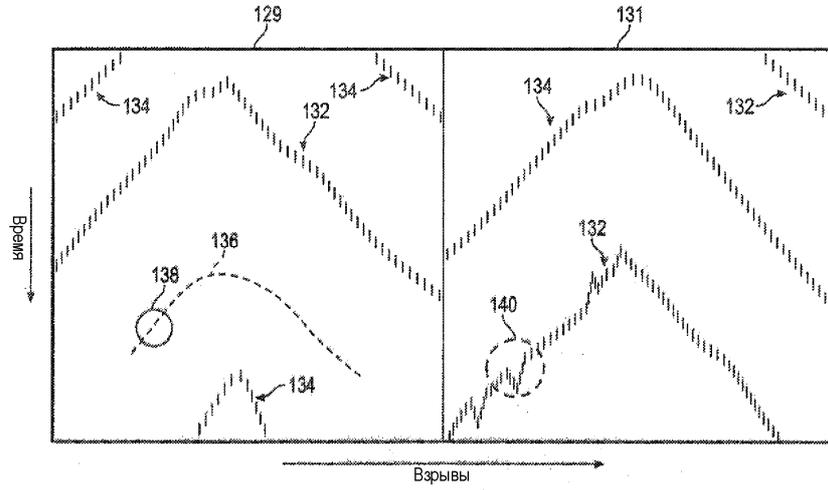
Фиг. 7



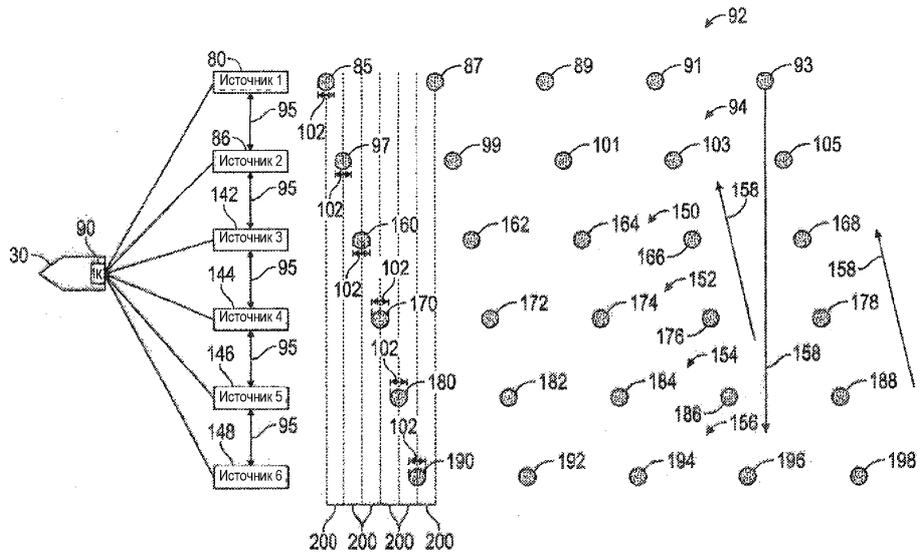
Фиг. 8



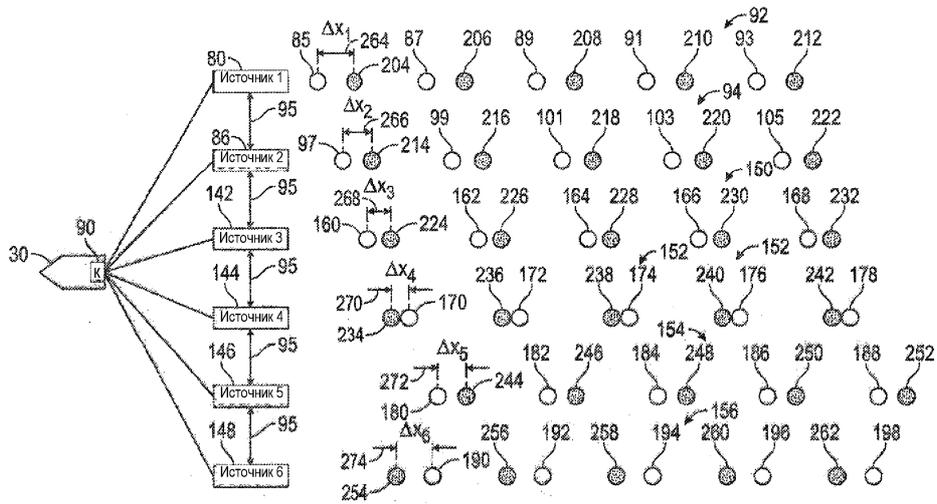
Фиг. 9



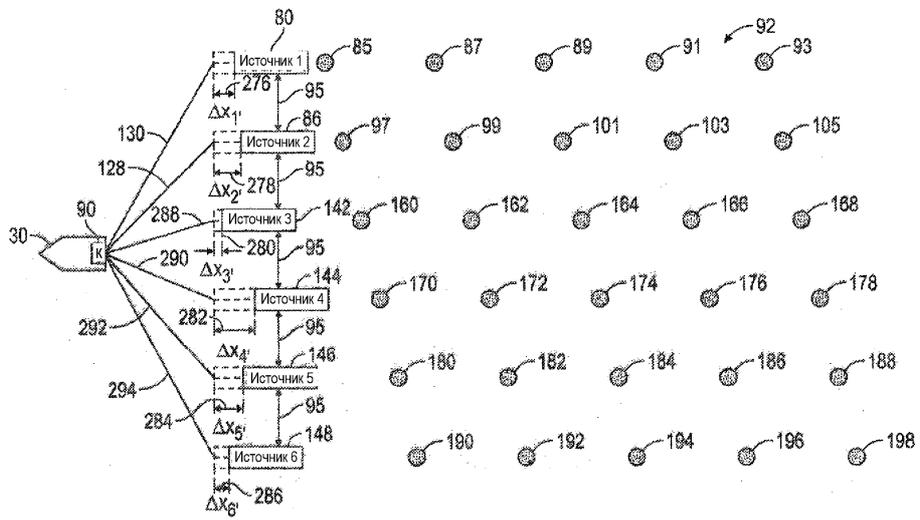
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13

