



(51) МПК
G01V 1/38 (2006.01)
G01V 1/28 (2006.01)
G01V 1/30 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016138541, 22.12.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 22.12.2014

Дата регистрации:
 03.11.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
 07.03.2014 US 61/949,802

(45) Опубликовано: 03.11.2017 Бюл. № 31

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
 национальной фазе: 07.10.2016

(86) Заявка РСТ:
 US 2014/071918 (22.12.2014)

(87) Публикация заявки РСТ:
 WO 2015/134090 (11.09.2015)

Адрес для переписки:
 129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, строение 3,
 ООО "Юридическая фирма Городиский и
 Партнеры"

(72) Автор(ы):

**ХОРНБОСТЕЛ Скотт С. (US),
 ДЖОУНЗ Хомер С. (US),
 ОЛИРИ Джули А. (US)**

(73) Патентообладатель(и):

**ЭКСОНМОБИЛ АПСТРИМ РИСЕРЧ
 КОМПАНИ (US)**

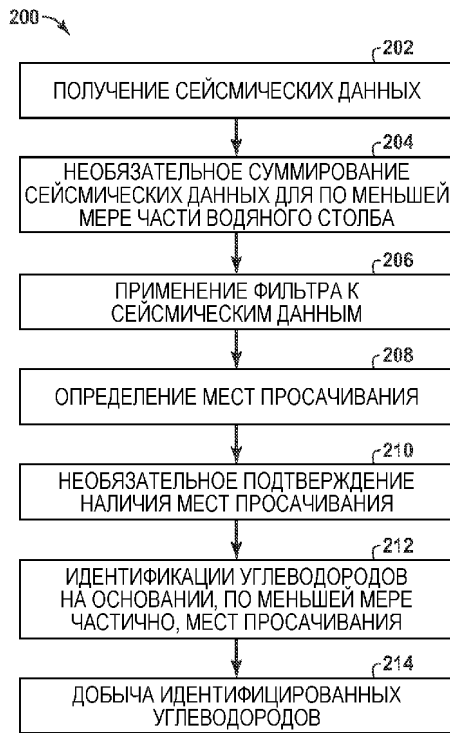
(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2340917 C1, 10.12.2008. WO
 2013071185 A1, 16.05.2013. CN 101644781 A,
 10.02.2010. US 20070265782 A1, 15.11.2007. RU
 2434250 C1, 20.11.2011.

(54) СПОСОБ РАЗВЕДКИ И СИСТЕМА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ПО ВОДЯНОМУ
 СТОЛБУ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области геофизики и может быть использовано при поиске углеводородов в водном пространстве. Описан способ обнаружения углеводородов. Способ включает в себя получение сейсмических данных, связанных с водной массой в области разведки. Затем фильтр применяют к по меньшей мере части сейсмических данных для усиления сигналов аномалий дифракции относительно

горизонтальных или почти горизонтальных сигналов, связанных с водной массой, чтобы образовать фильтрованные сейсмические данные. После фильтрации места просачивания идентифицируют по фильтрованным сейсмическим данным. Технический результат – повышение точности и достоверности получаемых данных. 2 н. и 19 з.п. ф-лы, 7 ил.



ФИГ. 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01V 1/38 (2006.01)
G01V 1/28 (2006.01)
G01V 1/30 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2016138541, 22.12.2014**

(24) Effective date for property rights:
22.12.2014

Registration date:
03.11.2017

Priority:

(30) Convention priority:
07.03.2014 US 61/949,802

(45) Date of publication: **03.11.2017** Bull. № 31

(85) Commencement of national phase: **07.10.2016**

(86) PCT application:
US 2014/071918 (22.12.2014)

(87) PCT publication:
WO 2015/134090 (11.09.2015)

Mail address:
**129090, Moskva, ul. B.Spasskaya, 25, stroenie 3,
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):
**HORNBOSTEL, Scott, C. (US),
JONES, Homer, C. (US),
OLEARY, Julie, A. (US)**

(73) Proprietor(s):
**EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH
COMPANY (US)**

(54) **EXPLORATION METHOD AND SYSTEM FOR DETECTING HYDROCARBONS BY WATER COLUMN**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: method for detecting hydrocarbons is described. The method includes obtaining seismic data associated with the water mass in the exploration area. The filter is then applied to a portion of the seismic data to amplify the diffraction anomaly signals with respect to horizontal or near horizontal signals

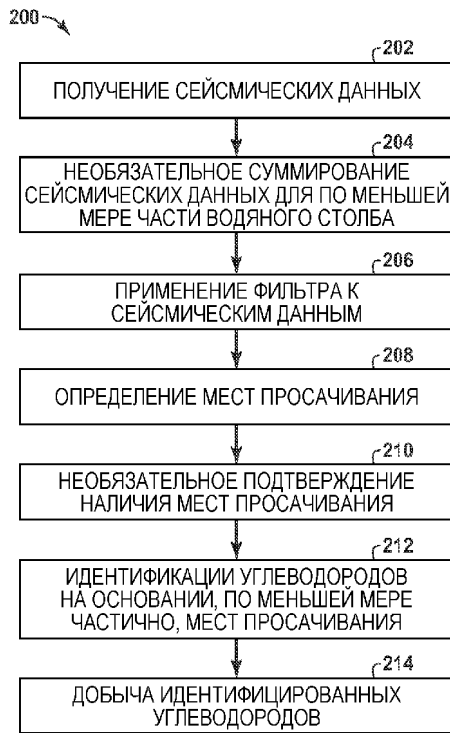
associated with the water mass to form filtered seismic data. After filtration, the seepage sites are identified by the filtered seismic data.

EFFECT: high accuracy and reliability of the obtained data.

21 cl, 7 dwg

RU 2 634 793 C1

RU 2 634 793 C1



ФИГ. 2

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННУЮ ЗАЯВКУ

[01] По этой заявке испрашивается преимущество приоритета предварительной заявки №61/949802 на патент США, поданной 7 марта 2014 года, под названием "Exploration method and system for detection of hydrocarbons from water column", полное содержание которой включено в эту заявку путем ссылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

[02] В общем, это изобретение относится к области разведки углеводородов. В частности, изобретением является способ обнаружения углеводородов (например, нефти и/или газа), который включает в себя использование дистанционных измерений для обнаружения пузырьков в водяном столбе.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[03] Этот раздел предназначен для представления различных аспектов из уровня техники, которые могут быть связаны с примерами вариантов осуществления настоящего раскрытия. Можно полагать, что это рассмотрение будет способствовать получению общих положений для содействия лучшему пониманию конкретных аспектов раскрываемых методологий и способов. В соответствии с этим должно быть понятно, что этот раздел следует читать в свете этого и необязательно как принятие предшествующего уровня техники.

[04] В то время как потребность в энергии возрастает на глобальном уровне, запасы углеводородов становится все более трудно обнаруживать и оценивать. Обычно различные способы используют для сбора данных измерений и затем для моделирования мест нахождения потенциальных скоплений углеводородов. Моделирование может включать в себя такие факторы, как (1) образование и выбрасывание жидкости и/или газообразных углеводородов из материнской породы, (2) миграцию углеводородов для накопления в коллекторной породе, (3) захват и закупоривание для предотвращения значительной утечки углеводородов из коллектора. Сбор этих данных может быть полезным при моделировании потенциальных мест нахождения подземных скоплений углеводородов.

[05] В настоящее время сейсмическая разведка методом отраженных волн является доминирующим способом для идентификации скоплений углеводородов. Этот способ является успешным при идентификации структур, которые могут содержать залежи углеводородов, и также может использоваться для получения изображений углеводородных флюидов в подземных скоплениях. Водная масса, расположенная выше подземной области, обычно игнорируется во время обработки сейсмических данных, которая сосредотачивается на подземной области. То есть, сейсмическая обработка направлена на идентификацию подземных структур, которые могут включать в себя углеводороды.

[06] Для определения местоположения углеводородов некоторые способы включают в себя определение мест просачиваний из дна моря, которые называются участками просачивания углеводородов. Эти участки просачивания углеводородов могут приводить к возникновению пузырьков факелов в водяном столбе, которые могут указывать на присутствие системы активных углеводородов. Идентификация этих пузырьков факелов является полезной при оценивании поисковой возможности разведки. В одном способе для обнаружения этих пузырьков факелов используют высокочастотные источники и детекторы в устройстве (например, многолучевом эхолоте). Частоту этого устройства можно настроить близко к резонансной частоте пузырьков и поэтому устройство может быть эффективным при обнаружении этих факелов. Высокие частоты обычно включают в себя частоту 1 кГц и выше. См.,

например, Leifer I., R. Sassen, P. Stine, R. Mitchell and N. Guinasso (2002), "Transfer of hydrocarbons from natural seeps to water column and atmosphere", *Geofluids*, 2 (2), 95-107. Однако такие способы обычно не выполняют как часть обычной сейсмической разведки. То есть, поскольку для этих способов требуются дополнительные затраты, их не

5 выполняют.

[07] Низкочастотные сейсмические данные можно анализировать для выявления расслоения водяного столба в области исследований, известной как «сейсмическая океанография». См., например, Holbrook W.S., P. Paramo, S. Pearse and R.W. Schmitt (2003), "Thermohaline fine structure in an oceanographic front from seismic reflection profiling", *Science*, 10 301 (5634), 821-824, и Ruddick B., H. Song, C. Dong and L. Pinheiro (2009), "Water column seismic images as maps of temperature gradient", *Oceanography*, 22 (1), 192-205. В этой области исследований горизонтальные или почти горизонтальные сигналы создаются термогалинными границами (температура/соленость) в водяном столбе. Эти сигналы (наряду с остаточными артефактами слоистого источника) образуют шум, который 15 может взаимодействовать с сигналами пузырьковых факелов (то есть, расположенных под большими углами аномалий дифракции в водном слое). То есть, горизонтальная и субгоризонтальная информация может мешать идентификации сигналов пузырьковых факелов.

[08] При наличии существующего способа имеется потребность в совершенствовании 20 способов поиска и разведки для повышения возможности обнаружения участков просачивания углеводородов. Предложенный способ можно определить как способ перед бурением, в соответствии с которым определяют наличие и места просачивания углеводородов из морского дна по измеряемым сейсмическим данным. Кроме того, этот способ можно использовать для точного и экономически эффективного определения 25 местоположения участков просачивания углеводородов на морском дне в масштабе бассейн-участок скопления углеводородов в качестве способа повышения точности оценивания бассейна и богатых участков для разведки.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[09] В одном варианте осуществления описан способ обнаружения углеводородов. 30 Способ включает в себя получение сейсмических данных, связанных с водной массой в области разведки; применение фильтра к по меньшей мере части сейсмических данных для усиления сигналов аномалий дифракции относительно горизонтальных или почти горизонтальных сигналов, связанных с водяным столбом, для образования 35 фильтрованных сейсмических данных; и определение мест просачивания на основании фильтрованных сейсмических данных.

[10] В другом варианте осуществления описана компьютерная система для обнаружения углеводородов. Компьютерная система включает в себя процессор; запоминающее устройство, связанное с процессором; и набор инструкций, сохраняемых в запоминающем устройстве. При выполнении процессором набор инструкций 40 конфигурируется для получения сейсмических данных, связанных с водной массой в области разведки; применения фильтра к по меньшей мере части сейсмических данных для усиления сигналов аномалий дифракции относительно горизонтальных или почти горизонтальных сигналов, связанных с водяным столбом, для образования 45 фильтрованных сейсмических данных; и определения мест просачивания на основании фильтрованных сейсмических данных.

[11] В других вариантах осуществления фильтр может быть применен для маскирования или отбрасывания определенных частей сейсмических данных. Например, фильтр может быть применен для сохранения сейсмических данных в пределах от около

50% до около 5% максимального наклона дифракции и отбрасывания данных вне пределов. Кроме того, фильтр может маскировать сейсмические данные от поверхности водной массы до 700 метров ниже поверхности водной массы.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

5 [12] Упомянутые выше и другие преимущества настоящего раскрытия могут стать очевидными при рассмотрении нижеследующего подробного описания не создающих ограничения примеров вариантов осуществления и чертежей.

На чертежах:

[13] фиг. 1 - вид сбоку морского дна;

10 [14] фиг. 2 - блок-схема последовательности действий при выполнении разведки углеводородов согласно примеру варианта осуществления предложенных способов;

[15] фиг. 3 - пример характеристики реакции для вертикально перемещающихся пузырьков;

15 [16] фиг. 4А, 4В и 4С - примеры диаграмм суммированных данных из водяного столба; и

[17] фиг. 5 - структурная схема компьютерной системы, которую можно использовать для выполнения любого из способов, раскрытых в этой заявке.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

20 [18] В нижеследующем разделе подробного описания конкретные варианты осуществления настоящего раскрытия описываются применительно к предпочтительным вариантам осуществления. Однако, поскольку нижеследующее описание является специфическим относительно конкретного варианта осуществления или конкретного использования настоящего раскрытия, оно предназначено только для иллюстрации и представляет собой просто описание примеров вариантов осуществления. В соответствии с этим раскрытие не ограничено конкретными вариантами осуществления, описываемыми ниже, а точнее, оно включает в себя все варианты, модификации и эквиваленты, попадающие в пределы истинной сущности и в объем прилагаемой формулы изобретения.

30 [19] Различные термины, используемые в этой заявке, определяются ниже. В тех случаях, когда термин, используемый в формуле изобретения, не определяется ниже, следует принимать во внимание широкое определение, принятое специалистами в данной области техники, при условии, что термин отражен в по меньшей мере печатной публикации или выданном патенте.

35 [20] Прежде всего, просачивание представляет собой естественную поверхностную утечку газа и/или нефти. Углеводороды (например, нефть) достигают поверхности земной коры по трещинам, разрывам, несогласиям или плоскостям напластования или выходят в пористую породу вследствие поверхностной эрозии. Наличие участка просачивания нефти или газа на дне моря или поверхности моря означает, что три основные геологические условия, критичные для разведки на нефть, удовлетворяются. 40 Во-первых, обогащенные органическими веществами породы осаждены и законсервированы (наличие источника). Во-вторых, источник является нагретым и зрелым (например, зрелость источника). В-третьих, происходит вторичная миграция (например, миграция углеводородов с места нахождения источника). Хотя поверхностным просачиванием термогенных углеводородов не гарантируется, что 45 материальные подземные скопления нефти и газа существуют, просачиванием обеспечивается механизм снижения риска при разведке скоплений углеводородов. То есть, просачивание можно использовать для исключения неопределенности из модели геологической среды.

[21] В настоящем раскрытии описывается усовершенствование способов разведки, в соответствии с которым данные (например, сейсмические данные) из по меньшей мере части водяного столба фильтруют. Поскольку данные о залегании углеводородов обычно трудно получать в региональном масштабе и оценивать должным образом в контексте объединенных углеводородных систем, возможность идентификации и определения характеристик участков просачивания и обнаружения углеводородов в водяном столбе обеспечивает получение важных усовершенствований для оценивания и достижения благоприятных возможностей. Кроме того, использование существующих сейсмических данных обеспечивает получение экономически эффективных усовершенствований для оценивания и достижения благоприятных возможностей. В результате предложенными способами обеспечивается более точное и экономически эффективное определение мест просачивания на морском дне, в соответствии с которым улучшается оценка бассейна.

[22] Просачивание часто создает локализованное изменение или аномалию физических свойств водяного столба, таких как скорость акустической волны и/или плотность. В способах сбора сейсмических данных аномалии физических свойств идентифицируют как дифракционную картину в собираемых или обрабатываемых данных. Эту картину характеризуют как «аномалию дифракции» или «сигнал аномалии дифракции». В предложенных способах сейсмические данные из водяного столба водной массы обрабатывают отсеивающим фильтром для идентификации и обнаружения мест просачивания на основании фильтрованных сейсмических данных. Кроме того, способ может включать в себя идентификацию аномалий дифракции в фильтрованных сейсмических данных в качестве мест просачивания. Фильтрацию можно использовать относительно измеряемых сейсмических данных и/или относительно суммированных сейсмических данных. Кроме того, способ может включать в себя удаление или маскирование частей сейсмических данных о геологической среде (например, участке геологической среды, таком как участок ниже дна моря, или участок ниже определенной глубины ниже дна моря, или участок выше определенной глубины в водяном столбе) до применения фильтра к сейсмическим данным.

[23] Аномалии дифракции используют в геофизике твердых сред для решения конкретных задач, таких как построение изображений разрывов. См., например, Fomel S, Landa E. and Taner M.T. (2007), "Poststack velocity analysis by separation and imaging of seismic diffractions", *Geophysics*, 72 (6), 89-94. При таком применении энергию недифрагированных волн исключают путем комплексного прослеживания сильных и непрерывных сигналов. В предложенных способах рекомендуется менее сложный фильтр, который удаляет горизонтальные сигналы и шумы на основании наклона. Предложенный подход также распространяется на построение изображения водяного столба и применим для обнаружения пузырьковых факелов.

[24] Отсеивающий фильтр повышает надежность определения места просачивания благодаря уменьшению неопределенности, связанной с идентифицируемыми местами просачивания. То есть, термин «повышает» означает, что связанная с просачиванием аномалия дифракции становится более очевидной благодаря отсеивающему фильтру (например, благодаря повышению ее амплитуды относительно других сигналов недифрагированных волн в данных). Отсеивающий фильтр удаляет горизонтальную энергию из сейсмических данных (например, часть сейсмических данных, связанную с рассматриваемым водяным столбом) при сохранении характеристики наклона ожидаемых факелов с мест просачивания. Фильтрация является полезной, поскольку удаляются участки спектра по углам наклона, которые являются доминирующими

благодаря остаточному шуму источника и создающему шум расслоению водяного столба. Кроме того, фильтрация является полезной при удалении участков случайного шума из водяного столба. Это обусловлено тем, что случайный шум образуется как сумма многих наклонов, а диапазон этих наклонов удаляется фильтром. Результат 5 заключается в пониженном уровне остаточного шума. Случайный шум в данных о водяном столбе является такой частью измеряемых данных, которая происходит от некоторого другого, а не применяемого в настоящее время сейсмического источника. Он может включать в себя окружающий шум (например, окружающей среды) или нежелательные участки шума, вызванного буксировкой системы сбора данных, такой 10 как морская буксируемая коса, или остаточными эффектами от предшествующих применений источника.

[25] Например, смещение взвешенных трасс может быть предпочтительным способом реализации отсеивающего фильтра, поскольку для частотно-волновочисленных (ЧВ) фильтров по всему частотному диапазону характерна тенденция переноса артефактов 15 от наиболее жесткого дна к более мягкому вышележащему водяному столбу. Для гарантии удаления горизонтальной энергии предпочтительно, чтобы сумма весов трасс была равна нулю. Набор весов может включать в себя набор из $0,25 \times \{-0,25; -0,5; -0,25; 0,0; 0,5; 1,0; 0,5; 0,0; -0,25; -0,5; -0,25\}$ в случае смещения 11 взвешенных трасс. Количество трасс между отрицательным и положительным максимумами (например, в этом примере 20 четыре трассы с весами от -0,5 до 1,0) представляет собой набор, при котором представляющий интерес наклон на доминирующей частоте пропускается без ослабления.

[26] Например, промежуток между положительными и отрицательными максимальными значениями весов может быть определен различными способами. В 25 частности, способ может включать в себя:

(i) определение заданного наклона с поддержанием без ослабления. При этом и всех последующих упоминаниях наклона следует понимать, что наклон может быть положительным или отрицательным (то есть, время возрастает или убывает, когда 30 расстояние увеличивается). Эта эквивалентность вытекает из симметрии картины дифракции, показанной на фиг. 3. Для простоты в тексте упоминаются положительные наклоны, но под ними следует понимать положительные или отрицательные наклоны с одним и тем же абсолютным значением. Начнем с максимального наклона, который происходит от вступления горизонтально распространяющейся волны:

Наклон_{макс} = $(2/V_w) \times 1000$, и он равен приблизительно 1,3 мс/м (миллисекунд на метр), где V_w является скоростью звуковой энергии в воде в метрах в секунду (м/с). 35 Этот максимальный наклон часто не представлен в данных о водяном столбе вследствие регистрации параметров (например, группами приемников), которые нацелены на снижение вступлений горизонтально распространяющихся волн. В результате наклон, который намечен для прохождения без затухания (то есть, «Наклон_проходящий»), 40 является некоторой частью этого значения (например, 20%) или 0,26 мс/м. Меньшая часть этого максимального наклона, такая как от 10% до 0,1% или от 0,13 мс/м до 0,01 мс/м в этом примере, может быть определена как «почти горизонталь». Диапазон от горизонтали (0 мс/м) до почти горизонтали (0,13 мс/м) может быть задан для удаления или ослабления фильтром. Этот аспект может быть назван удаляющим горизонтальные 45 или почти горизонтальные сигналы.

(ii) определение доминирующей частоты в данных о водяном столбе при использовании любого стандартного способа оценивания (включая просто подсчет циклов). На основании этого полупериод определяется как

$T_{\text{полу}}=1/(2 \times \text{частота})$, и он равен приблизительно 12,5 мс, например в случае, когда преобладающая частота равна 40 Гц (герц).

(iii) определение расстояния для заданного наклона, чтобы переместить полупериод времени:

5 Расстояние= $T_{\text{полу}}/\text{Наклон}_{\text{проходящий}}$, и оно составляет (12,5 мс/0,26 мс/м) или приблизительно 48 м (метров) в этом примере.

(iv) определение количества трасс, которые приближаются к этому требуемому расстоянию, на основании известного разнесения трасс. В настоящем примере для разнесения трасс на 12 м (метров) потребуется разнесение четырех (4) трасс между 10 положительным и отрицательным максимумами в весовой функции, исходно определенной в примере набора весов, приведенном выше. При использовании такого разнесения образуются сигнал на доминирующей частоте и заданный наклон, пропускаемый без ослабления фильтром.

15 Успешное применение описанного фильтра наклона не особо определяется этой схемной методологией. Удаление большей части составляющей горизонтального наклона является полезным при сохранении большей части наклонов дифракции, которые имеются в данных.

[27] В различных аспектах фильтрации можно регулировать удаление определенных частей сейсмических данных, таких как плоские сегменты и сегменты, находящиеся под 20 большими углами. Как можно понять, в соответствии с этим фильтрацию можно рассчитывать на захват определенных частей данных. Например, фильтр может быть выполнен с возможностью поддержания максимального наклона дифракции от около 50% до около 5%, максимального наклона дифракции от около 40% до около 8% и максимального наклона дифракции от около 30% до около 12%. Оставшаяся часть 25 может быть отброшена или обнулена.

[28] Согласно другим аспектам фильтрация может включать в себя маскирование части сейсмических данных из водной массы между поверхностью и конкретной глубиной ниже поверхности. Например, фильтрацией можно маскировать по меньшей мере часть сейсмических данных от поверхности водной массы до 500 метров ниже 30 поверхности водной массы; от поверхности водной массы до 700 метров ниже поверхности водной массы и/или от поверхности водной массы до 900 метров ниже поверхности водной массы.

[29] Кроме того, способ может включать в себя этап подтверждения для дальнейшего повышения надежности способа при уменьшении неопределенности, связанной с местами 35 просачивания. Этап подтверждения может включать в себя подтверждение наличия мест просачивания с помощью различных способов. Например, наличие мест просачивания можно подтверждать при использовании высокоамплитудных аномалий дифракции, которые возникают после применения отсеивающего фильтра к сейсмическим данным. Этапы подтверждения могут включать в себя идентификацию 40 зон локально высокоамплитудных аномалий дифракции, которые являются почти вертикальными; идентификацию и удаление аномалий шума источника, которые обычно возникают в ранние моменты времени (на интервале меньше чем около 1 с); идентификацию структурных особенностей (например, батиметрических особенностей дна водной массы), которые могут быть связаны с потенциальным факелом; и/или 45 подтверждение наличия предполагаемых аномалий дифракции путем сравнения с данными до суммирования для выделения гиперболических сигналов из вероятных шумовых эффектов.

[30] Например, этап подтверждения может включать в себя идентификацию одного

или нескольких кластеров аномалий дифракции; и сравнение одного или нескольких кластеров с картиной пузырьковых факелов для определения мест просачивания. В другом примере этап подтверждения может включать в себя идентификацию одного или нескольких кластеров аномалий дифракции; идентификацию одной или нескольких структурных особенностей геологической среды в области разведки (таких как батиметрические, неглубокие сейсмические особенности и/или разрывы); сравнение одного или нескольких кластеров со структурными особенностями геологической среды для определения мест просачивания (например, путем визуального исследования или вычисления пространственного соотношения). Кроме того, наличие потенциальных мест нахождения пузырьковых факелов можно подтверждать сравнением идентифицированных высокоамплитудных аномалий дифракции с соответствующими данными до суммирования на тех же самых местах. Дифракции могут возникать в данных до суммирования в виде гиперболических волн в подборках трасс до суммирования. В ином случае, ложные дифракции (аномалии), обусловленные шумом, могут возникать в подборках трасс до суммирования как выбранные трассы с высоким уровнем шума или другие структуры, которые не согласуются с ожидаемой гиперболической кривизной при скорости звуковой энергии в воде. В еще одном примере этап подтверждения может включать в себя выполнение одной или нескольких из морской магнитной и гравитационной разведок; оптической зондирующей разведки и разведки с обнаружением тепловых аномалий для получения данных измерений; и сравнение данных измерений с фильтрованными сейсмическими данными для определения мест просачивания. В еще одном примере этап подтверждения может включать в себя получение биологических и химических проб одного или нескольких из флюидов, газов и осадков в области разведки; идентификацию одного или нескольких кластеров аномалий дифракции по фильтрованным сейсмическим данным; и сравнение одного или нескольких кластеров аномалий дифракции с получаемыми биологическими и химическими пробами для определения мест просачивания. Как можно понять, один или несколько из этих этапов подтверждения можно объединять для дальнейшего уменьшения неопределенности относительно мест просачивания.

[31] Кроме того, предложенные способы могут включать в себя другие этапы обработки для уменьшения неопределенности. Например, способ может включать в себя создание спутникового снимка области разведки, который может включать в себя химическую информацию, биологическую информацию, а также другую измерительную информацию.

[32] При предпочтительном использовании этого этапа фильтрации и необязательном использовании этапа подтверждения создается способ, которым можно определять наличие и местоположение просачиваний термогенных углеводородов из дна моря. Кроме того, этот способ можно использовать для точного и экономически эффективного определения местоположения участков просачивания углеводородов на морском дне в масштабе бассейн-участок скопления углеводородов в качестве способа повышения точности оценивания бассейна и богатых участков для разведки. Например, когда сейсмические данные могут быть независимо собраны для мест в геологической среде (например, ниже дна моря), анализ фильтрованных сейсмических данных может включать в себя обработку ранее собранных или одновременно собираемых данных сейсмической разведки. В результате обработкой сейсмических данных для по меньшей мере части водяного столба можно уменьшать неопределенность при минимальных дополнительных затратах. Соответственно, для геофизиков этим способом обеспечивается улучшенная идентификация скоплений углеводородов и повышение

достоверности идентификации скоплений углеводородов. Различные аспекты предложенных способов описываются в дальнейшем с обращением к фигурам с 1 по 5.

[33] На фиг. 1 представлена схема, иллюстрирующая многочисленные подземные источники и пути миграции углеводородов, присутствующих на дне 100 океана. Углеводороды 102, образованные в материнской породе (непоказанной), мигрируют вверх сквозь разрывы и трещины 104. Мигрирующие углеводороды могут захватываться в коллекторной породе и образовывать скопление углеводородов, такое как скопление 106 газа, скопление 108 нефти и газа и скопление 110 газового гидрата. Как показано позицией 114, углеводороды, просачивающиеся из скопления газового гидрата, могут растворяться в метане и высших углеводородах (например, этане, пропане) в океане 112 или, как показано позицией 116, могут оставаться в виде газового гидрата на дне 100 океана. В ином случае, как показано позицией 118, нефть или газ из нефтяного/газового коллектора 108 могут просачиваться в океан и образовывать нефтяное пятно 120 на поверхности 122 океана. Бактериальная пленка 124 может формироваться на месте выхода газа на поверхность, вытекающего из газового коллектора 106, и могут образовываться биогенные углеводородные газы при разложении термогенного жирного газа. Другой процесс просачивания углеводородов происходит через грязевой вулкан 126, в результате чего может образовываться нефтяное пятно 128 на поверхности океана. Нефтяные пятна 120 и 128 или газ 130 (метан и, например, этан, пропан и т.д.), выделяющийся из них, являются признаками просачивания углеводородов, которое, в свою очередь, является признаком возможного подземного скопления углеводородов. Сигнатуры, измеряемые на каждом из этих участков просачивания, можно анализировать в соответствии с раскрытыми методологиями и способами, изложенными в этой заявке, для проведения различий между происхождениями углеводородов на этих участках просачивания. В частности, при использовании методологий и способов, таких как методологии и способы, раскрытые в публикации №2013/071185 международной заявки, можно различать углеводороды, которые мигрируют непосредственно к поверхности без встречи с ловушкой, в которой они могут накапливаться (например, первый источник), и углеводороды, которые вытекают из подземного скопления (например, второй источник). Если наличие и объем такого скопления углеводородов можно идентифицировать, то можно извлекать углеводороды из такого скопления.

[34] На фиг. 2 представлена блок-схема 200 последовательности действий при выполнении разведки углеводородов в соответствии с примером варианта осуществления предложенных способов. Как показано в блоке 202 на блок-схеме 200 последовательности действий, получают сейсмические данные для области разведки, как показано в блоках с 204 по 208, сейсмические данные обрабатывают, чтобы идентифицировать места просачивания, как показано в блоке 210, подтверждают наличие мест просачивания, и как показано в блоках 212 и 214, углеводороды идентифицируют и добывают. Фильтрация сейсмических данных повышает качество обработки благодаря уменьшению неопределенности, связанной с местами просачивания.

[35] Как показано в блоке 202, прежде всего получают сейсмические данные. Получение сейсмических данных может включать в себя определение области разведки; сбор измеряемых сейсмических данных и выполнение некоторой начальной обработки измеряемых сейсмических данных. В ином случае, сейсмические данные могут быть получены из результатов ранее выполненной разведки.

[36] После получения сейсмических данных можно выполнить обработку сейсмических данных, показанную в блоках с 204 по 208. Согласно блоку 204 можно выполнить необязательное суммирование сейсмических данных, чтобы образовать суммированные сейсмические данные. Суммирование сейсмических данных может включать в себя объединение сейсмических трасс для уменьшения влияния шума в отдельных сейсмических трассах и повышения качества данных. Суммирование может включать в себя полное суммирование, частичное суммирование, наклонное суммирование и суммирование другими способами. Например, способы суммирования по общей средней точке можно использовать для образования подборок трасс общей глубинной точки из сейсмических трасс. После этого согласно блоку 206 применяют фильтр к сейсмическим данным, которые могут быть измеряемыми сейсмическими данными или суммированными сейсмическими данными. Фильтр улучшает обнаружение аномалий в виде пузырьковых факелов (например, благодаря уменьшению горизонтальных или почти горизонтальных и необязательно случайных составляющих относительно находящихся под большими углами аномалий дифракции). Фильтр дополнительно поясняется ниже при обращении к фиг. 3. Как показано в блоке 208, по фильтрованным сейсмическим данным идентифицируют места просачивания. Идентификация мест просачивания может включать в себя визуальное исследование изображений сейсмических данных для выявления мест просачивания или использование инструкций, выполняемых компьютером, для выделения потенциальных мест просачивания. Например, сначала идентифицируют потенциальные аномалии по наличию амплитуды, которая больше, чем значения в окрестности. Можно исследовать амплитуды из фильтрованных данных или огибающих, извлекаемых из фильтрованных данных. Кроме того, в случае истинных амплитудных данных аномалии можно идентифицировать с помощью фактической амплитуды сигнала дифракции. По всей вероятности, представляющие интерес аномалии в виде пузырьковых факелов имеют абсолютные амплитуды, которые составляют около 0,0001 или больше.

[37] Согласно блоку 210 наличие мест просачивания может быть подтверждено. Как отмечалось выше, подтверждение наличия мест просачивания может включать в себя различные способы, в которых используют высокоамплитудные аномалии дифракции из фильтрованных сейсмических данных. Этапы подтверждения могут включать в себя идентификацию локально высокоамплитудных зон, которые являются почти вертикальными; идентификацию и удаление аномалий шума источника, таких, как обычно проявляются в ранние моменты времени (на интервале меньше чем около 1 с); идентификацию структурных особенностей (например, придонных батиметрических особенностей), которые могут быть связаны с возможными факелами); и/или подтверждение наличия предполагаемых высокоамплитудных аномалий дифракции путем сравнения данных до суммирования для проведения различий между гиперболическими сигналами из вероятных эффектов шумов. Другие примеры различных данных, которые можно использовать, чтобы подтвердить наличие мест просачивания, описаны в публикации №2013/071185 международной заявки, которая полностью включена в эту заявку путем ссылки. Этап подтверждения может включать в себя один или несколько из этих способов, отдельно или в сочетании, для дальнейшего уменьшения неопределенности относительно мест просачивания.

[38] Как показано в блоках 212 и 214, после определения мест просачивания идентифицируют и добывают углеводороды. Согласно блоку 212 углеводороды идентифицируют на основании, по меньшей мере частично, идентифицированных мест просачивания. Например, идентифицированные места просачивания можно объединять

с другими измеряемыми данными или моделями геологической среды для подземных областей ниже области разведки (например, местами ниже дна моря). После этого подтвержденные аномалии могут быть дополнительно оценены с помощью геохимического анализа на основании, например, этапа сбора проб, такого как исследование керна сбрасываемым прибором. Исследование керна сбрасываемым прибором (или другим геохимическим исследованием) можно выявить батиметрические или другие аномалии (например, вогнутые понижения или разрывы), которые идентифицируют во время этапа подтверждения как возможные места источников аномалии в виде факела. Данные этих различных видов могут быть объединены на основании информации о местоположении, связанной с соответствующими данными, для уменьшения неопределенности, связанной с существованием углеводородов. Наконец, как показано в блоке 214, идентифицированные углеводороды можно начать добывать. Вместе с идентификацией углеводородов можно осуществлять бурение скважины, чтобы получать доступ к скоплению углеводородов. Кроме того, добыча может включать в себя установку оборудования и устройств для ведения добычи, выполненных с возможностью мониторинга и добычи углеводородов из продуктивных интервалов, на которых обеспечивается доступ к углеводородам в подземном пласте. Оборудование и устройства для ведения добычи могут включать в себя одну или несколько установок для обработки и управления потоком добываемых флюидов, таких как углеводороды и/или вода, из пласта. Для доступа к продуктивным интервалам оборудование и устройства для ведения добычи могут быть соединены с фонтанной арматурой и различными управляющими клапанами через средство регулируемого шланга, эксплуатационных труб для прохождения флюидов от фонтанной арматуры к оборудованию и устройствам для ведения добычи, поддерживающей трубы для гидравлических или электрических устройств и кабеля цепи управления для установления связи с другими устройствами в буровой скважине.

[39] Практическую значимость имеет то, что способ обеспечивает расширение возможностей разведки углеводородов. В частности, способ можно использовать до выполнения операций бурения, чтобы уменьшать риск безрезультатной разведки путем получения большего количества информации о наличии мест и местах просачивания термогенных углеводородов из морского дна. Кроме того, благодаря использованию сейсмических данных способ может быть экономически более эффективным, чем другие дистанционные способы обнаружения. В результате этим способом улучшаются оценка бассейна и способы разведки богатых областей. Кроме того, объединение сейсмических данных с гравитационными, магнитными и акустическими данными из других наземных исследований, моделью геологической среды или с другой информацией может обеспечить дополнительное повышение качества разведочных работ.

[40] На фиг. 3 представлен пример графика 300 характеристики 302 реакции на вертикально перемещающийся пузырек. На этом графике 300 характеристика 302 реакции показана относительно расстояния вдоль суммарного разреза 304 в зависимости от времени 306. Она представляет собой реакцию аномалии дифракции сейсмической волны на пространственно локализованное изменение скорости сейсмической волны или плотности. Пузырьковый факел можно считать набором таких локализованных изменений, которые проявляются в данных в виде совокупности характеристик реакции аномалии дифракции.

[41] Как можно понять, различные участки характеристики 302 реакции можно фильтровать, чтобы снижать шум в сейсмических данных, связанных с водяным столбом. Например, областью 308 представлены плоские сегменты характеристики 302 реакции.

Плоские сегменты являются плоскими падениями, которые возникают при одних и тех же углах наклона, как и значительная часть шума источников и нежелательное расслоение водяного столба. Фильтр, применяемый к сейсмическим данным, может удалять сейсмические данные из характеристики 302 реакции в области 308. Благодаря удалению этого участка спектра углов падения удаляется участок сигнала аномалии дифракции для уменьшения большого участка интерферирующих шумов и нежелательного расслоения водяного столба. Областью 310 представлена информация для больших углов, которая обычно теряется вследствие конфигурации группы приемников (например, вследствие скорости звуковой энергии в воде, соотнесенной с максимальным углом наклона). В некоторых вариантах осуществления, когда эти данные могут быть полезными, их также можно фильтровать. Области характеристики реакции между этими двумя областями 308 и 310 представляют собой плечевые падения, в которых имеются предпочтительные отношения сигнала к шуму для сейсмических данных в водяном столбе.

[42] Пунктирные характеристики с 311 по 314 реакции образуют касательные линии к характеристике 302 реакции. Характеристика 311 реакции находится в точке на характеристике 302 реакции, которая пропорционально связана со скоростью звуковой энергии в воде (например, около 1,3 мс/м). Характеристика 312 реакции находится в точке на характеристике 302 реакции, которая пропорционально связана с заданным диапазоном данных, около 0,26 мс/м. Характеристика 314 реакции находится в точке на характеристике 302 реакции, которая пропорционально связана с горизонтальным максимумом (например, при 0 мс/м). Как можно понять, фильтрацию можно предназначать для захвата некоторых участков характеристики 302 реакции. Например, фильтрацию можно выполнять для поддержания максимального наклона дифракции от около 50% до около 5%, максимального наклона дифракции от около 40% до около 8% или максимального наклона дифракции от около 30% до около 12%. Оставшийся участок можно исключать или обнулять.

[43] Например, отсеивающий фильтр может охватывать входные данные из суммарного двумерного профиля, который обработан для сохранения данных о водяном столбе. Обработка сейсмических данных для сохранения данных о водяном столбе может включать в себя пикинг скоростей в водяном столбе, мьютинг для удаления данных о подводной подстилающей породе, мьютинг шума источников и/или другую фильтрацию для снижения остаточных шумов источников. Суммированные трехмерные данные могут быть обработаны аналогичным образом на этапе отсеивания с получением набора суммарных двумерных профилей.

[44] На фиг. 4А, 4В и 4С представлены диаграммы суммированных данных о водяном столбе. На фиг. 4А диаграммой 400 представлены суммированные сейсмические данные из водяного столба, которые включают в себя многочисленные плоские сегменты из остаточного шума источников или расслоения воды. На этой диаграмме 400 представлены суммированные сейсмические данные до применения отсеивающего фильтра. На этой диаграмме 400 область выше дна 402 моря представляет собой водяной столб. Дно 402 моря имеет структурную особенность 404 (например, батиметрическую особенность дна водной массы), которая на этой диаграмме 400 представляет собой участок просачивания. Кроме того, в водяном столбе представлены многочисленные артефакты 406 (например, плоские сегменты). В этих сейсмических данных трудно обнаружить пузырьки.

[45] На фиг. 4В диаграммой 420 представлены суммированные сейсмические данные из водяного столба после применения отсеивающего фильтра. На этой диаграмме 400

область выше дна 402 моря представляет собой водяной столб, а структурной особенностью 404 является участок просачивания. Многочисленные артефакты 426 представлены в водяном столбе. Как показано на этой диаграмме 420, горизонтальная энергия большей частью удалена, при этом остались потенциальные аномалии в виде 5 пузырьков факелов, показанные сигналами 426. Таким образом, фильтрация сейсмических данных обеспечивает более ясную индикацию места нахождения участка просачивания углеводородов.

[46] На фиг. 4С диаграммой 440 представлены полные двумерные сейсмические данные о водяном столбе и показана высокоамплитудная аномалия 442 дифракции в 10 виде узкого вертикального объекта, который является потенциальным пузырьковым факелом. Особенностью 404 дна водной массы ниже этой аномалии подтверждается, что аномалия может быть факелом, имеющим отношение к участку просачивания углеводородов. Высокоамплитудным мелководным участком 444 представлены 15 остаточные артефакты от шума источника или нежелательного термогалинного расслоения, которое обнаруживается на небольших глубинах. Соответственно, на основании этой диаграммы 440 маскирование может быть применено для удаления сейсмических данных о водяном столбе, который находится на меньшей глубине, чем 20 определенная глубина. Например, данные из глубины водной массы меньше чем 900 м (метров), меньше чем 700 м и/или меньше чем 500 м можно фильтровать или 25 маскировать, чтобы упрощать интерпретацию. То есть, фильтрация может включать в себя маскирование части сейсмических данных в водной массе между поверхностью и определенной глубиной ниже поверхности. Например, фильтрацией можно маскировать по меньшей мере часть сейсмических данных от поверхности водной массы до 500 метров ниже поверхности водной массы; от поверхности водной массы до 700 30 метров ниже поверхности водной массы; и/или от поверхности водной массы до 900 метров ниже поверхности водной массы.

[47] Для примера на фиг. 5 представлена структурная схема компьютерной системы 500, которую можно использовать для выполнения любых способов, раскрытых в этой заявке. Центральный процессор (ЦП) 502 соединен с системной шиной 504. Центральный 30 процессор 502 может быть любым центральным процессором общего назначения, хотя архитектуры других видов центрального процессора 502 (или другие компоненты приведенной для примера системы 500) можно использовать при условии, что центральный процессор 502 (и другие компоненты системы 500) поддерживает действия 35 изобретения, описанные в этой заявке. Центральный процессор 502 может выполнять различные логические инструкции в соответствии с раскрытыми аспектами и методологиями. Например, центральный процессор 502 может выполнять инструкции машинного уровня для осуществления обработки в соответствии с аспектами и методологиями, раскрытыми в этой заявке.

[48] Кроме того, компьютерная система 500 может включать в себя компьютерные 40 компоненты, такие как оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) 506, которое может быть статическим оперативным запоминающим устройством, динамическим оперативным запоминающим устройством, синхронным динамическим оперативным запоминающим устройством или аналогичным. Компьютерная система 500 может также включать в себя постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) 508, которое может 45 быть программируемым постоянным запоминающим устройством, стираемым программируемым постоянным запоминающим устройством, электрически стираемым программируемым постоянным запоминающим устройством или аналогичным. Как известно в данной области техники, в оперативном запоминающем устройстве 506 и

постоянном запоминающем устройстве 508 сохраняются пользовательские и системы данные и программы. Кроме того, компьютерная система 500 может включать в себя адаптер 510 ввода-вывода (в/в), адаптер 522 связи, адаптер 524 пользовательского интерфейса и дисплейный адаптер 518. Согласно некоторым аспектам и способам адаптер 510 ввода-вывода, адаптер 524 пользовательского интерфейса и/или адаптер 522 связи позволяют пользователю взаимодействовать с компьютерной системой 500 для ввода информации.

[49] Предпочтительно, чтобы в компьютерной системе 500 адаптер 510 ввода-вывода был соединен с устройством (устройствами) 512 хранения данных, таким как один или несколько из дисководов жесткого диска, дисководов компакт-диска (КД), накопителей для дискет, ленточных накопителей и т.д. Устройство (устройства) хранения данных может использоваться в случае, когда оперативного запоминающего устройства 506 недостаточно для удовлетворения требований к объему памяти, относящейся к сохранению данных, необходимых для выполнения действий согласно вариантам осуществления предложенных способов. Память для хранения данных из компьютерной системы 500 можно использовать для сохранения информации и/или других используемых или образуемых данных, раскрытых в этой заявке. Адаптер 522 связи может соединять компьютерную систему 500 с сетью (непоказанной), и это может позволить вводить информацию в компьютерную систему 500 или выводить из нее через посредство сети (например, глобальной сети, локальной вычислительной сети, беспроводной сети, любого сочетания сетей, упомянутых выше). Адаптер 524 пользовательского интерфейса связывает пользовательские устройства ввода, такие как клавиатура 528, указывающее устройство 526 и т.п., с компьютерной системой 500. Дисплейный адаптер 518 приводится в действие центральным процессором 502 для управления при помощи драйвера 516 дисплея отображением на дисплейном устройстве 520. Информация и/или представления из одного или нескольких двумерных «холстов» и одного или нескольких трехмерных окон могут быть отображены в соответствии с раскрытыми аспектами и методологиями.

[50] Архитектуру системы 500 можно изменять по желанию. Например, можно использовать любое подходящее устройство на основе процессора, в том числе, но без ограничения, персональные компьютеры, ноутбуки, компьютерные рабочие станции и многопроцессорные серверы. Кроме того, варианты осуществления могут быть реализованы на интегральных схемах прикладной ориентации (ИСПО) или сверхбольших интегральных схемах (СБИС). Фактически, специалисты в данной области техники могут использовать любое количество подходящих структур, способных выполнять логические операции в соответствии с вариантами осуществления.

[51] В одном или нескольких вариантах осуществления способ может быть реализован при использовании машиночитаемой логики, набора инструкции или кода, который при выполнении осуществляет способ определения и/или оценивания мест просачивания. Код может использоваться или выполняться вычислительной системой, такой как компьютерная система 500. Компьютерную систему можно использовать для сохранения набора инструкций, которые используются для управления данными, различными способами измерений и другими аспектами предложенных способов.

[52] Например, компьютерная система для обнаружения углеводородов может включать в себя процессор; запоминающее устройство, связанное с процессором; и набор инструкций, сохраняемых в запоминающем устройстве и при выполнении конфигурируемых для получения сейсмических данных, имеющих отношение к водной массе в области разведки; применения фильтра к по меньшей мере части сейсмических

данных для усиления сигналов аномалии дифракции относительно горизонтальных или почти горизонтальных сигналов, связанных с водяным столбом, для образования фильтрованных сейсмических данных; и определения мест просачивания на основании фильтрованных сейсмических данных. Кроме того, набор инструкций может быть сконфигурирован для применения фильтра к сейсмическим данным для поддержания сейсмических данных в пределах от около 50% до около 5% максимального наклона дифракции и отбрасывания данных вне этого предела; и/или применения маскирования к сейсмическим данным от поверхности водяной массы до 500 метров ниже поверхности водяной массы; от поверхности водяной массы до 700 метров ниже поверхности водяной массы; или от поверхности водяной массы до 900 метров ниже поверхности водяной массы.

[53] В других вариантах осуществления набор инструкций может быть специально сконфигурирован для выполнения других задач. Например, набор инструкций может быть сконфигурирован для идентификации аномалий дифракции в фильтрованных сейсмических данных в качестве мест просачивания; создания карты на основе спутниковых снимков; суммирования сейсмических данных до применения фильтра к сейсмическим данным; применения фильтра для удаления горизонтальной энергии из сейсмических данных и сохранения характеристики наклона факелов с мест просачивания; применения фильтра для удаления горизонтальных сигналов и шумов на основании наклона; и/или применения фильтра, содержащего применение фильтра смещения взвешенных трасс, для которых сумма весов трасс равна нулю для гарантии исключения горизонтальной энергии.

[54] В других вариантах осуществления набор инструкций может быть сконфигурирован для подтверждения наличия аномалий дифракции в фильтрованных сейсмических данных в качестве мест просачивания. Подтверждение может включать в себя: (i) идентификацию одного или нескольких кластеров аномалий дифракции и сравнение одного или нескольких кластеров с ожидаемой картиной факелов просачивания для определения мест просачивания; (ii) идентификацию одного или нескольких кластеров аномалий дифракции, идентификацию одной или нескольких структурных особенностей геологической среды в области разведки, сравнение одного или нескольких кластеров со структурными особенностями геологической среды для определения мест просачивания; (iii) получение не суммированных сейсмических данных, связанных с аномалиями, исследование не суммированных данных для определения происхождения высокоамплитудных аномалий и определение, что происхождение аномалий согласуется с источником гиперболических аномалий дифракции; (iv) выполнение одного или нескольких из морской магнитной и гравитационной разведок; оптической зондирующей разведки, обнаружения пленок нефти радиолокатором с синтезированной апертурой и разведки с обнаружением тепловых аномалий для получения данных измерений и сравнения данных измерений с фильтрованными сейсмическими данными, чтобы определить места просачивания; и/или (v) получение биологических и химических проб одного или нескольких из флюидов, газов и осадков в области разведки; идентификацию одного или нескольких кластеров аномалий дифракции по фильтрованным сейсмическим данным; сравнение одного или нескольких кластеров аномалий дифракции с получаемыми биологическими и химическими пробами для определения мест просачивания.

[55] В одном или нескольких вариантах осуществления в способе можно использовать сочетание спутниковых, воздушных, акустических и сейсмических способов с подводными датчиками для определения характеристик и картирования углеводородов

в морской среде. Сочетанием геофизических способов с подводными датчиками обеспечиваются более полное описание характеристик и картирование углеводородов в морской среде в масштабе бассейн-участки разведки. Например, различные независимые способы могут включать в себя дистанционное обнаружение (например, спутниковое и/или воздушное), построение сейсмических и акустических изображений (например, прежде всего с кораблей: многолучевым эхолотом, гидролокатором бокового обзора, придонным профилографом; которые также могут быть включены в автономный подводный аппарат для построения высококачественных изображений благодаря близости ко дну моря, но в намного более локальном объеме), магнитную и гравитационную разведку (с корабельных или воздушных приборов или с автономного подводного аппарата в более локальной области), химическое обнаружение (с автономного подводного аппарата: прежде всего масс-спектрометром и флуориметром) и отбор проб осадков, биологических и химических проб (например, обычно плунжерным керноотборником, но предпочтительно использовать подводный аппарат для получения проб осадков, флюида (нефти, воды) или/и газовой пробы в случае инертных газов и изотопологов, и биологической пробы). Согласно способу можно использовать летательные аппараты и морские суда (например, корабли и/или подводные аппараты (например, обитаемые подводные аппараты, которые могут включать в себя дистанционно управляемые аппараты (ДУА) или автономные подводные аппараты (АПА)). При объединении этих способов в совмещенный способ можно определять наличие и место просачивания термогенных углеводородов из морского дна.

[56] В одном или нескольких вариантах осуществления способ может включать в себя подтверждение достоверности или объединение способов дистанционных измерений с фильтрованными сейсмическими данными. Способы дистанционного обнаружения могут включать себя морское активное акустическое обнаружение (многолучевым эхолотом, средством двумерной (2М) сейсмической разведки, средством трехмерной (3М) сейсмической разведки, придонным профилографом, гидролокатором бокового обзора и т.д.); построение изображений и спектроскопию нефтяных пятен и атмосферных газовых куполов (например, инфракрасную (ИК) для обнаружения атмосферных газов, с помощью радиолокационного определения отражательной способности и т.д.); использование буксируемых химических датчиков (масс-спектрометров и т.д.); пассивное акустическое обнаружение; дискретный отбор с надводного судна проб воздуха, воды или грунта на различных местах; использование сбрасываемых и плунжерных керноотборников; магнитную и гравитационную разведки; оптическое обнаружение; обнаружение тепловых аномалий; и/или другой способ дистанционного обнаружения. Эти способы дистанционного обнаружения могут выполняться с использованием спутников, воздушных аппаратов и/или морских аппаратов. Например, достоверность фильтрованных сейсмических данных можно подтверждать при использовании данных о многолучевом обратном рассеянии, которые могут давать представление о структурных особенностях геологической среды (например, об аномальной твердости, шероховатости морского дна и/или об объемной неоднородности в неглубоком поддонном грунте), и при рассмотрении батиметрических данных, собираемых для локальных поднятий, впадин, линий разрыва, вогнутых понижений и других геологических индикаторов, которые могут соответствовать проницаемым путям миграции углеводородов к морскому дну. Соответственно, интерпретации, выполняемые на основании этих мест просачивания, достоверность которых подтверждается, могут позволить выполнить геологические интерпретации или построить модели возможных

зон или перспективных участков на основании этой исходной информации. Кроме того, эти потенциальные участки могут быть полезными объектами разведки для определения, имеются ли просачивающиеся термогенные углеводороды.

[57] В одном или нескольких вариантах осуществления способ может включать в себя подтверждение достоверности или объединение способов непосредственных измерений с фильтрованными сейсмическими данными. Способы непосредственных измерений могут включать в себя разворачивание подводного аппарата на месте просачивания, которое может быть одним из различных мест просачивания, идентифицированных по фильтрованным сейсмическим данным, и обработку данных измерений. Способы непосредственных измерений могут включать в себя способы поляризации флуоресценции, флуорометрические способы, способы обнаружения метана и других химических соединений (например, получение масс-спектрометрических данных или данных газовой хроматографии (ГХ)), способы отбора биологических и химических проб, способы измерения температуры, способы захвата камерой и/или другие составные части измерений. Анализ проб может включать в себя геохимию скученных изотопов, геохимию инертных газов и микробиологию. Эти способы анализов описаны в публикации PCT/US2013/021258 международной заявки, публикации PCT/US2013/033160 международной заявки и публикации PCT/US2012/052542 международной заявки.

[58] Следует понимать, что предшествующее является только подробным описанием конкретных вариантов осуществления изобретения и что многочисленные изменения, модификации и варианты раскрытых вариантов осуществления могут сделаны в соответствии с раскрытием в этой заявке без отступления от объема изобретения. Поэтому предшествующее описание не означает ограничения объема изобретения. Точнее, объем изобретения должен определяться только прилагаемой формулой изобретения и эквивалентами ее. Кроме того, предполагается, что структуры и признаки, включенные в представленные примеры, могут быть изменены, перегруппированы, заменены, удалены, повторены, объединены или добавлены друг к другу. Определенные артикли и неопределенные артикли необязательно ограничены значением один, а скорее являются инклюзивными и неограниченными, так что охватывают, но необязательно, такие многочисленные элементы.

(57) Формула изобретения

1. Способ обнаружения углеводородов, содержащий этапы, на которых:
 - получают сейсмические данные, связанные с водной массой в области разведки;
 - маскируют сейсмические данные из водной массы между поверхностью водной массы и 500 метрами ниже поверхности водной массы;
 - маскируют сейсмические данные из-под дна моря;
 - применяют фильтр к по меньшей мере части сейсмических данных из части водяного столба для усиления сигналов аномалий дифракции относительно горизонтальных или почти горизонтальных сигналов, связанных с водяным столбом, чтобы образовать фильтрованные сейсмические данные; и
 - определяют места просачивания из дна моря на основании фильтрованных сейсмических данных.
2. Способ по п. 1, также содержащий идентификацию аномалий дифракции в фильтрованных сейсмических данных в качестве мест просачивания.
3. Способ по п. 2, также содержащий подтверждение наличия аномалий дифракции в фильтрованных сейсмических данных в качестве мест просачивания.
4. Способ по п. 3, в котором подтверждение наличия аномалий дифракции

содержит:

идентификацию одного или нескольких кластеров аномалий дифракции; и сравнение одного или нескольких кластеров с ожидаемой картиной факелов просачивания для определения мест просачивания.

5 5. Способ по п. 3, в котором подтверждение наличия аномалий дифракции содержит:

идентификацию одного или нескольких кластеров аномалий дифракции; идентификацию одной или нескольких структурных особенностей геологической среды в области разведки;

10 сравнение одного или нескольких кластеров со структурными особенностями геологической среды для определения мест просачивания.

6. Способ по п. 3, в котором подтверждение наличия аномалий дифракции содержит:

получение несуммированных сейсмических данных, связанных с аномалиями; 15 исследование несуммированных данных для определения происхождения высокоамплитудных аномалий;

определение того, что происхождение аномалий согласуется с источником гиперболических аномалий дифракции.

20 7. Способ по п. 3, в котором подтверждение наличия аномалий дифракции содержит:

выполнение одного или нескольких из морской магнитной и гравитационной разведок; оптической зондирующей разведки, обнаружения нефтяного пятна радиолокатором с синтезированной апертурой и разведки с обнаружением тепловых аномалий для получения данных измерений; и

25 сравнение данных измерений с фильтрованными сейсмическими данными для определения мест просачивания.

8. Способ по п. 3, в котором подтверждение наличия аномалий дифракции содержит:

30 получение биологических и химических проб одного или нескольких из флюидов, газов и осадков в области разведки;

идентификацию одного или нескольких кластеров аномалий дифракции по фильтрованным сейсмическим данным;

сравнение одного или нескольких кластеров аномалий дифракции с получаемыми биологическими и химическими пробами для определения мест просачивания.

35 9. Способ по п. 1, также содержащий создание спутникового снимка области разведки.

10. Способ по п. 1, также содержащий суммирование сейсмических данных до применения фильтра к сейсмическим данным.

40 11. Способ по п. 1, в котором маскирование производят до применения фильтра к сейсмическим данным.

12. Способ по п. 1, в котором маскирование содержит маскирование сейсмических данных от поверхности водной массы до 700 метров ниже поверхности водной массы.

45 13. Способ по п. 1, в котором маскирование содержит маскирование сейсмических данных от поверхности водной массы до 900 метров ниже поверхности водной массы.

14. Способ по п. 1, в котором применением фильтра удаляют горизонтальную энергию из сейсмических данных и сохраняют характеристику наклона факелов с мест

просачивания.

15. Способ по п. 1, в котором применением фильтра удаляют горизонтальные сигналы и шумы на основании наклона.

5 16. Способ по п. 1, в котором применение фильтра содержит применение фильтра смещения взвешенных трасс, при этом сумма весов трасс равна нулю для гарантии удаления горизонтальной энергии.

17. Способ по п. 1, в котором применение фильтра содержит применение фильтра для обработки данных в пределах от около 50% до около 5% максимального наклона дифракции и отбрасывание данных вне пределов.

10 18. Способ по п. 1, в котором применение фильтра к по меньшей мере части сейсмических данных также содержит применение фильтра к по меньшей мере части сейсмических данных для усиления сигналов аномалий дифракции относительно случайных сигналов, связанных с водяным столбом, для образования фильтрованных сейсмических данных.

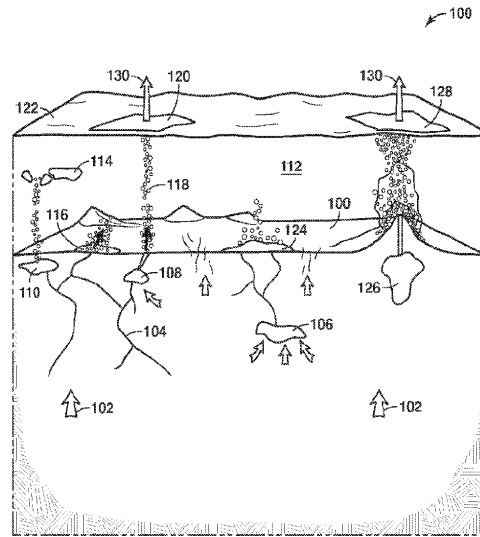
15 19. Компьютерная система для обнаружения углеводородов, содержащая:
 процессор;
 запоминающее устройство, связанное с процессором; и
 набор инструкций, сохраняемых в запоминающем устройстве и при выполнении конфигурируемых для:
 20 получения сейсмических данных, связанных с водной массой в области разведки;
 маскирования сейсмических данных из водной массы между поверхностью водной массы и 500 метрами ниже поверхности водной массы;
 маскирования сейсмических данных из-под дна моря;
 применения фильтра к по меньшей мере части сейсмических данных из части водяного
 25 столба для усиления сигналов аномалий дифракции относительно горизонтальных или почти горизонтальных сигналов, связанных с водяным столбом, для образования фильтрованных сейсмических данных; и
 определения мест просачивания из дна моря на основании фильтрованных сейсмических данных.

30 20. Компьютерная система по п. 19, в которой набор инструкций сконфигурирован для применения фильтра к сейсмическим данным для поддержания сейсмических данных в пределах от около 50% до около 5% максимального наклона дифракции и отбрасывания данных вне пределов.

35 21. Компьютерная система по пп. 19-20, в которой набор инструкций сконфигурирован для маскирования сейсмических данных от поверхности водной массы до 700 метров ниже поверхности водной массы.

40

45

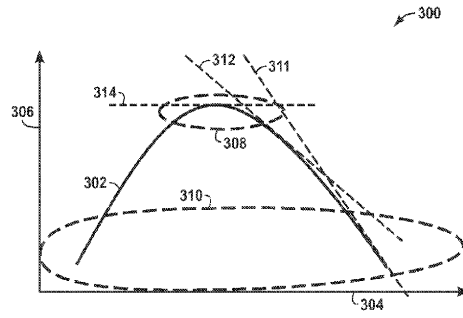


ФИГ. 1

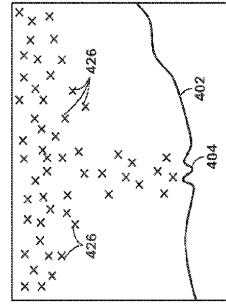


ФИГ. 2

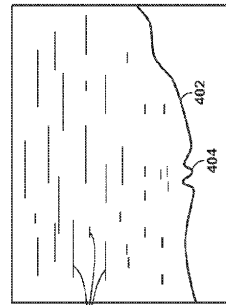
3/5



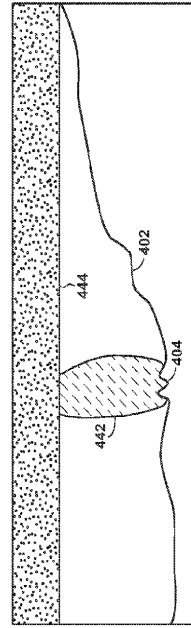
ФИГ. 3



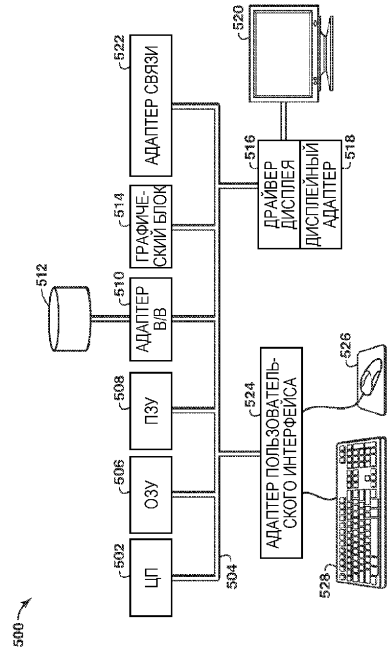
ФИГ. 4В



ФИГ. 4А



ФИГ. 4С



ФИГ. 5