



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

*На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установившейся практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изъявил такое желание и уведомил об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.*

(21)(22) Заявка: **2011152599/28**, **22.12.2011**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**22.12.2011**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **22.12.2011**

(45) Опубликовано: **27.05.2013** Бюл. № 15

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2434250 C1**, 20.11.2011. **US 6625083 B2**, 23.09.2003. **RU 2336541 C2**, 20.10.2008. **US 7016260 B2**, 21.03.2006. **US 7339852 B2**, 04.03.2008. **EP 681705 A1**, 15.11.1995.

Адрес для переписки:

**199226, Санкт-Петербург, ул.  
Кораблестроителей, 23, корп.1, кв.392,  
В.В.Чернявцу**

(72) Автор(ы):

**Жуков Юрий Николаевич (RU),  
Чернявец Владимир Васильевич (RU),  
Аносов Виктор Сергеевич (RU),  
Жильцов Николай Николаевич (RU),  
Чернявец Антон Владимирович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Жуков Юрий Николаевич (RU),  
Чернявец Владимир Васильевич (RU),  
Аносов Виктор Сергеевич (RU),  
Жильцов Николай Николаевич (RU),  
Чернявец Антон Владимирович (RU)**

**(54) СПОСОБ РЕГИСТРАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА АКВАТОРИИ МОРЯ ПРИ ПОИСКЕ ПОДВОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к геофизике и может быть использовано для контроля сейсмических процессов в процессе поиска и разведки нефтяных и газовых подводных месторождений. Предложен способ регистрации сейсмических сигналов на акватории моря при поиске подводных залежей углеводородов, в котором в прибрежной зоне шельфа размещают парами градиентометрические сейсмические приемники, регистрирующие сейсмические колебания в диапазоне от 0,1 до 20 Гц. Чувствительные элементы каждой пары сейсмических приемников развернуты относительно друг друга в азимуте на 45°. На

частотах от 0,003 до 0,1 Гц регистрируют микросейсмические колебания, начиная с частот от 0,003 Гц. При этом сейсмические приемники заглубляют в морское дно на глубину 20-150 м, путем бурения скважины, на входе скважины размещают буи с нулевой плавучестью, снабженные якорь-грузом и электромагнитным размыкателем, соединенные посредством кабель-троса с сейсмическим приемником и снабженные блоком записи сейсмических сигналов и спутниковым каналом связи. Технический результат заявляемого технического решения заключается в повышении информативности и достоверности сейсмических исследований при поиске подводных залежей углеводородов.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

*According to Art. 1366, par. 1 of the Part IV of the Civil Code of the Russian Federation, the patent holder shall be committed to conclude a contract on alienation of the patent under the terms, corresponding to common practice, with any citizen of the Russian Federation or Russian legal entity who first declared such a willingness and notified this to the patent holder and the Federal Executive Authority for Intellectual Property.*

(21)(22) Application: **2011152599/28, 22.12.2011**

(24) Effective date for property rights:  
**22.12.2011**

Priority:

(22) Date of filing: **22.12.2011**

(45) Date of publication: **27.05.2013 Bull. 15**

Mail address:

**199226, Sankt-Peterburg, ul. Korablestroitelej,  
23, korp.1, kv.392, V.V.Chernjavtsu**

(72) Inventor(s):

**Zhukov Jurij Nikolaevich (RU),  
Chernjavets Vladimir Vasil'evich (RU),  
Anosov Viktor Sergeevich (RU),  
Zhil'tsov Nikolaj Nikolaevich (RU),  
Chernjavets Anton Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Zhukov Jurij Nikolaevich (RU),  
Chernjavets Vladimir Vasil'evich (RU),  
Anosov Viktor Sergeevich (RU),  
Zhil'tsov Nikolaj Nikolaevich (RU),  
Chernjavets Anton Vladimirovich (RU)**

**(54) METHOD OF DETECTING SEISMIC SIGNALS ON SEA AREA WHEN SEARCHING FOR UNDERWATER DEPOSITS OF HYDROCARBONS**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: disclosed is a method of detecting seismic signals on a sea area when searching for underwater deposits of hydrocarbons, in which the coastal area of the shelf plate is fitted with pairs of gradiometric seismic detectors which pick up seismic vibrations in the range from 0.1 to 20 Hz. Detecting elements of each pair of seismic detectors are turned from each other in the azimuth by 45 degrees. At frequencies from 0.003 to 0.1 Hz, microseismic vibrations are picked up, starting with

frequency from 0.003 Hz. The seismic detectors are sunk into the sea bottom at a depth of 20-150 m by drilling a well; zero buoyancy buoys are placed at the well entry, said buoys being fitted with an anchor load and an electromagnetic circuit breaker, connected by a conducting rope to the seismic detector and fitted with a unit for recording seismic signals and a satellite communication channel.

EFFECT: high information value and reliability of seismic investigations when searching for underwater deposits of hydrocarbons.

RU 2 4 8 3 3 3 0 C 1

RU 2 4 8 3 3 3 0 C 1

Изобретение относится к геофизике и может быть использовано для контроля сейсмических процессов путем синхронных измерений электрических и магнитных компонент поля, а также сейсмического поля и может быть использовано при изучении горизонтально неоднородных геоэлектрических разрезов с целью поиска и разведки нефтяных и газовых подводных месторождений.

Известный способ морской сейсмической разведки (авторское свидетельство SU №1766180 [1]) включает возбуждение упругих колебаний, регистрацию многоканальным приемным устройством отраженных волн вдоль профиля, а также разноглубинное накапливание информации при фиксированной средней точке, в котором для достижения технического результата, заключающегося в повышении детальности и информативности сейсмической разведки за счет увеличения разрешенности и помехоустойчивости сейсмических данных, перемещение источника и многоканального приемного устройства производят по профилю прямым и обратным курсом корабля (судна) с последовательным изменением расстояния между источником и приемным устройством при смене курса, при одновременном фиксировании положения первой и последней общих срединных точек на профиле, многоканальный приемник располагают вертикально с переменной базой, выбираемой в зависимости от глубины исследуемого слоя, а накапливание информации производят по обеим срединным точкам и одновременно по вертикальным базам, при этом дополнительно выполняют перемещение источника многоканального приемного устройства по параллельным профилям, расположенным на расстоянии друг от друга, выбираемым из условия накапливания по общей глубинной точке в пространстве.

Известное устройство для морской сейсмической разведки (патент RU №2032190 [2]) включает линейную группу рабочих пневмоизлучателей сейсмических сигналов, связанных с поплавками, закрепленными на несущем канате посредством гибких элементов, соединенных электро- и газомогистралями с пультом управления сейсмической станции, и средство для размещения пневмоизлучателей и поплавков на борту судна, которое выполнено в виде лебедки, оснащенной барабаном для размещения на нем несущего каната, боковые щетки барабана содержат гнезда для крепления пневмоизлучателей и прорези для размещения в них рукавов электро- и газомогистралей, перед барабаном лебедки закреплен направляющий механизм, ориентирующий пневмоизлучатели и поплавки в направлении гнезд барабана, а излучатели и поплавки соединены с несущим канатом посредством карабинов.

Известный сейсмоакустический обнаружитель (патент RU №2032222 [3]) содержит акустический микрофон, подключенный к входу усилителя акустического канала, и сейсмоприемник, подключенный к входу усилителя сейсмического канала, источник питания и передатчик, блок логической обработки, блок сопряжения и пульт контроля и управления.

Известный способ геоэлектроразведки (авторское свидетельство SU №1770776 [4]) включает возбуждение в геологической среде электромагнитного поля импульсами тока, в паузах между которыми осуществляют прием сигнала переходного процесса, фильтрацию посредством  $n$  фильтров, усиление и регистрацию в цифровой форме, по результатам которой судят о строении исследуемой среды, в котором для достижения технического результата, заключающегося в повышении помехоустойчивости, принятый в паузах между импульсами возбуждения сигнал переходного процесса фильтруют, дискретно уменьшая верхнюю граничную частоту пропускания фильтров с равномерным шагом дискретизации, величину  $n$  устанавливают не менее числа

определяемых параметров, а в полученном после каждой фильтрации сигнале переходного процесса регистрируют в цифровой форме максимальные значения, по которым судят о параметрах исследуемой среды.

5 В известном способе геоэлектроразведки и устройстве для его осуществления (авторское свидетельство SU №1770774 [5]) возбуждают с помощью регулируемого источника электромагнитное поле в исследуемой среде последовательно на двух заданных частотах, осуществляют в точках измерения прием на этих частотах и измерение первой и второй геометрических разностей потенциалов электрического поля, по которым рассчитывают картируемый параметр, в котором для достижения 10 технического результата, заключающегося в повышении чувствительности и избирательности выявления предвестников землетрясений, осуществляют в точках измерений прием синфазной с ЭДС источника составляющей сигнала, а расстояние от точек измерений до источника задают не меньше 20 км, а устройство для 15 осуществления способа содержит горизонтальный дипольный двухчастотный источник переменного тока, приемник, в состав которого входят датчики первой и второй разностей электрических потенциалов, регистратор, в котором приемник содержит делитель, синхронный детектор, накопитель и блок управления.

20 Известные способы и устройства [1-5] для выполнения морской сейсмической разведки включают искусственное возбуждение сейсмической волны с последующей регистрацией акустического или электромагнитного сигнала посредством гидрофонов, как правило, установленных на тральной косе, буксируемой судном или приемником электромагнитных колебаний. Измеренные гидрофоном акустические 25 сигналы или приемником электромагнитные колебания сигналы подвергаются дальнейшей обработке (усилению, фильтрации и т.д.) с выделением полезного сигнала, несущего информацию о возможном распространении сейсмических волн.

Основным недостатком известных способов и их осуществления является то, что 30 они обладают невысокой информативностью, так как выполняют измерение параметров только акустического или только электромагнитного полей.

Повышение информативности при осуществлении морской сейсмической разведки достигается при использовании известного способа морской сейсмической разведки (патент RU №2388023 [6]).

35 Данный способ морской сейсмической разведки включает возбуждение упругих колебаний с последующей регистрацией акустического сигнала посредством приемника акустических сигналов, обработку измеренных сигналов, возбуждение электромагнитного поля импульсами тока, в котором искусственное возбуждение 40 упругих колебаний осуществляют в полузамкнутом пространстве, ограниченном металлическим каркасом по трем сторонам, посредством свечи зажигания, на которую подается напряжение, при этом дополнительно регистрируют градиент потенциала электрического поля электрохимического происхождения и градиент потенциала электрического поля, обусловленного движением воды в магнитном поле 45 Земли, при этом возбуждение упругих колебаний осуществляют на интервале времени нарастания, кульминации и спада лунного прилива земной коры, градиент потенциала электрического поля, обусловленного движением воды в магнитном поле Земли, регистрируют в инфранизкочастотном диапазоне волновода морская вода - грунт, 50 обработку измеренных сигналов осуществляют путем построения биомного дерева Штерна - Броко. Благодаря новым отличительным признакам известного технического решения, таким как: искусственное возбуждение упругих колебаний осуществляют в полузамкнутом пространстве, ограниченном металлическим

каркасом по трем сторонам, посредством свечи зажигания, на которую подается напряжение, при этом дополнительно регистрируют градиент потенциала электрического поля электрохимического происхождения и градиент потенциала электрического поля, обусловленного движением воды в магнитном поле Земли, при этом возбуждение упругих колебаний осуществляют на интервале времени нарастания, кульминации и спада лунного прилива земной коры, градиент потенциала электрического поля, обусловленного движением воды в магнитном поле Земли, регистрируют в инфранизкочастотном диапазоне волновода морская вода - грунт, обработку измеренных сигналов осуществляют путем построения биномного дерева Штерна-Броко, обеспечивается расширение информативности при сейсмических исследованиях. Однако для осуществления этого способа необходимо использовать сейсмические излучатели и проводить предварительное изучение геологического разреза в районе поиска.

В общем случае известные способы сейсморазведки обычно используют регистрацию прохождения сейсмических колебаний частотой более 10,0 Гц. За время использования в сейсмической разведке подобных частот достаточно широко разработано аппаратное оформление для генерирования и регистрации подобных колебаний, а также математический аппарат для обработки данных. Для генерирования подобных колебаний преимущественно используют либо вибраторы, либо взрывы. Для проведения взрывных работ необходимо проводить бурение шпуров для закладывания взрывчатых веществ. Подобная техника резко отрицательно влияет на состояние экологии в зоне поиска. Кроме того, коэффициент успешности предсказания с использованием известных методов и приемов сейсмической разведки не превышает величины 0,5. Следовательно, по меньшей мере, каждая вторая скважина, пробуренная по заключениям традиционной сейсмической разведки нефтегазовых залежей, оказывается ошибочно заложеной. Кроме средств, потраченных напрасно на бурение скважины, при этом наносится непоправимый и необоснованный ущерб окружающей среде, особенно при выполнении аналогичных работ на шельфе морей.

Также известен ряд способов поиска углеводородов (варианты), например, (патент RU №2251716 [7]) и способ определения глубины залегания продуктивных пластов (патент RU №2336541 [8]). В известном способе [7], решаемая техническая задача состоит в повышении точности определения продуктивных на углеводороды пластов, в том числе и определение глубины их залегания. Технический результат, получаемый в результате реализации способа [7], состоит в уменьшении количества ошибочно пробуренных скважин, а также обеспечение возможности контроля эксплуатации промысловых скважин и газохранилищ при добыче нефти и газа.

Для достижения указанного технического результата, по первому варианту предложено использовать способ поиска углеводородов, характеризуемый регистрацией сейсмических колебаний поверхности Земли с использованием приемников сейсмических колебаний, способных регистрировать сейсмические колебания в диапазоне от 0,1 до 20 Гц, причем приемники сейсмических колебаний располагают на расстоянии от 50 м до 500 м друг от друга, регистрацию проводят одновременно по всем измеряемым компонентам, разбивая временной диапазон регистрации измеренного на перспективной площади информационного сигнала, на синхронизованные по времени для всех сейсмических приемников дискретные участки, проводят расчет спектральной характеристики, соответствующей каждому дискретному участку с образованием дискретной последовательности, анализируют

каждый дискретный участок на наличие помехи, имеющей техногенную природу, и на наличие события, связанного с приходом сигнала от продуктивного пласта, исключают из дальнейшего рассмотрения те дискретные участки, которые не содержат события, связанного с приходом сигнала от продуктивного пласта в каждой из записей соответствующих компонент сейсмических приемников, а также дискретные участки, содержащие указанные помехи, и проводят анализ оставшихся дискретных участков с вынесением суждения о наличии или отсутствии углеводородов. При реализации способа дополнительно проводят измерение сейсмических колебаний в месте, заведомо не содержащем углеводородов, а о наличии нефти или газа судят по появлению отклонений в спектральной характеристике, по сравнению с местом, заведомо не содержащим углеводородов. Способ может быть реализован как на суше, так и на акватории, при этом соответственно сейсмические приемники располагают на суше, на дне акватории, либо заглубляя в приповерхностный слой, в водную среду, и/или на плавсредствах в местах, минимально подверженных собственным колебаниям корпуса плавсредства, причем плавсредства удалены на одинаковые расстояния от источника генерирования колебаний.

Согласно второму варианту для достижения указанного технического результата дополнительно измеряют микросейсмический шум Земли и о наличии углеводородов судят по появлению изменений спектральной характеристики не менее чем на одной из компонент при записи сигнала во время генерирования колебаний и/или после генерирования колебаний по сравнению с информационным сигналом, измеренным до генерирования. Предложенный способ может быть реализован также и на суше, и на акватории, поэтому сейсмические приемники располагают на суше, на дне акватории и/или на плавсредствах в местах, минимально подверженных собственным колебаниям корпуса плавсредства, причем плавсредства удалены на одинаковые расстояния от источника генерирования колебаний. Во всех случаях реализации предложенного способа обычно приемники сейсмических колебаний группируют, а также синхронизируют. Кроме того, в процессе математической обработки зарегистрированных результатов преимущественно информационный сигнал разбивают на временные участки, длительностью не менее 2-3 периодов сигнала наименьшей частоты диапазона.

В рамках реализации первого и второго вариантов может быть решена задача контроля эксплуатации углеводородной залежи. Для этого над залежью выбирают точки контроля, предпочтительно располагая их вблизи эксплуатационных скважин. В выбранных точках располагают приемники сейсмических колебаний, способные регистрировать сейсмические колебания в инфразвуковом диапазоне частот не менее чем по одной из компонент. Периодически регистрируют микросейсмический шум Земли. По исчезновению аномалии спектральных характеристик на частотах 0,1-20 Гц судят о прохождении контакта вода - углеводород под точкой контроля.

Аномальное поведение спектральных характеристик определяют любым из приведенных вариантов - без применения внешнего воздействия, анализируя поведение спектральных характеристик каждого дискретного участка разбиения временного диапазона, либо по отношению к спектральной характеристике информационного сигнала, зарегистрированного для участка, заведомо не лежащего над залежью, а также в варианте, с применением внешнего воздействия, используя те же алгоритмы обработки колебаний, но применяя их к записанному сигналу во время/после воздействия источника сейсмических колебаний, либо о переходе

контакта вода - углеводород судят по появлению изменений спектральных характеристик не менее чем на одной из компонент при записи сигнала во время генерирования колебаний и/или после генерирования колебаний по сравнению со спектральными характеристиками информационного сигнала, измеренными до генерирования. Предпочтительно проводить регистрацию спектральной характеристики микросейсмического шума Земли для каждой точки в течение 40-60 мин.

При контроле степени заполнения подземного газохранилища природного газа выбирают точки на поверхности Земли, ориентировочно определяющие разные степени заполнения газохранилища, размещают в выбранных точках приемники сейсмических колебаний, способные не менее чем по одной компоненте регистрировать инфразвуковые колебания, и периодически регистрируют спектральную характеристику микросейсмического шума Земли, причем отсутствие аномального изменения спектральной характеристики информационного сигнала на частотах 0,1-20 Гц свидетельствует об отсутствии природного газа под точкой контроля. Для сравнения регистрируют аналогичным приемником микросейсмический шум Земли над местом, заведомо расположенным вне газохранилища.

Предпочтительно выбирать точки контроля при первом заполнении газохранилища, определяя в каких местах над газохранилищем отмечено присутствие природного газа при различных количествах поданного газа. Однако в любом случае точки контроля определяют опытным путем. Возможно проведение генерирования сейсмических колебаний в процессе регистрации. В этом случае регистрацию проводят как до начала генерирования, так и во время генерирования.

Используя, в частности, второй вариант (с генерацией), можно определять глубину залегания продуктивного на углеводороды пласта. Для этого используют не менее 4-х приемников сейсмических колебаний, способных по 3-м взаимно перпендикулярным компонентам регистрировать инфразвуковые колебания, размещая их в вершинах четырехугольника.

Во всех приведенных вариантах реализации данного изобретения принципиальным и важным этапом является процесс фильтрации записанного временного ряда от поверхностных шумов и выделение информационного сигнала. С этой целью используют группировку (расстановку) приемников сейсмических колебаний и кросскорреляционную обработку записанного сигнала.

Для реализации вышеизложенных вариантов используют приемник сейсмических колебаний, способный регистрировать колебания в инфразвуковом диапазоне, содержащий не менее одного датчика сейсмических колебаний, способного регистрировать инфразвуковые колебания, причем все используемые датчики расположены на жестком основании таким образом, что оси чувствительности датчиков расположены под фиксированными углами относительно плоского жесткого основания и относительно друг друга, причем каждый датчик подключен к блоку регистрации, а основание с датчиками размещено в жестком герметичном корпусе. Могут быть использованы датчики угловых и/или линейных колебаний, способные регистрировать колебания в инфразвуковом диапазоне частот. Преимущественно блок регистрации каждого датчика содержит последовательно соединенные предварительный усилитель сигнала, формирователь амплитудно-частотной характеристики и оконечный усилитель, причем каждый оконечный усилитель выполнен с возможностью подключения к общему регистратору. Однако известный способ [7] основан на гипотезе о залежи нефти как единственно возможном

источнике наблюдаемой аномалии в низкочастотном диапазоне сейсмического спектра. Вместе с тем практика показывает (патент RU №2336541 [8]), что аномальные сигналы наблюдаются при наличии других существенных неоднородностей в разрезе, в частности, в виде активных тектонических нарушений или при наличии подземных рек. Аномальный сигнал наблюдается также в целевом диапазоне при неглубоком залегании фундамента в точке исследования, соизмеримом с глубиной залегания углеводородов.

Кроме того, при размещении приемников сейсмических колебаний на плавсредствах или на глубинных горизонтах, необходимо исключать из результатов наблюдений составляющую сигнала, обусловленную шумами судоходства и скоростью подводных течений. При этом все используемые датчики должны быть расположены на жестком основании таким образом, что оси чувствительности датчиков расположены под фиксированными углами относительно плоского жесткого основания и относительно друг друга, что в условиях гидросферы обеспечить практически невозможно.

Вынесение суждения о залежах углеводородов по характеристикам только одних микросейсмических волн сопряжено с очень большим объемом измерений, что представляет серьезную проблему для донной сейсмологии. При прохождении случайных сигналов через линейные цепи необходимо рассматривать трансформацию этих характеристик по каждому аргументу отдельно, что приводит к громоздким выражениям. Эти характеристики не наглядны и трудно представимы в виде графиков, что затрудняет их визуальную обработку, являющуюся основной в современной сейсмологии.

Кроме того, поскольку микросейсмические волны представляют собой нестационарные процессы, то их корреляционные функции и спектральные плотности зависят не только от соответствующих параметров (период и частота), но и от времени, что в процессе практического определения их оценок сопряжено с очень большим объемом измерений, а с учетом того, что донные станции для производства регистрации на границе вода - грунт имеют ограниченный ресурс по автономности их использования, то это существенно увеличивает длительность исследований, а соответственно и материальные затраты.

В известном способе низкочастотного сейсмического зондирования для поиска и разведки залежей углеводородов (варианты) [8], задача решается способом низкочастотного сейсмического зондирования для поиска и разведки залежей углеводородов, включающем определение, по крайней мере, одной точки наблюдения на поисковой площади, размещение в точке наблюдения приемника сейсмических колебаний, проведение регистрации информационных сигналов по их измеряемым компонентам в течение промежутка времени, достаточного для записи статистически достоверного шумового сигнала в инфранизкочастотном диапазоне, проведение расчета спектральных характеристик с использованием Фурье-преобразования полученных сигналов, их анализ на наличие ложных сигналов и сигналов от продуктивного пласта с природными углеводородами, исключение из рассмотрения ложных сигналов, проведение анализа оставшихся сигналов с вынесением суждения о наличии или отсутствии углеводородов, в котором в отличие от известного способа регистрацию и запись проводят по вертикальным компонентам информационных сигналов, Фурье-преобразование вертикальных компонентов информационных сигналов проводят по их первой производной, на полученных спектрах выявляют максимум, который характеризуют местоположением на спектре в диапазоне частот



$$V_s/H < F < V_p/H,$$

где  $V_s$  - средняя по осадочному чехлу скорость распространения поперечных сейсмических волн в точке наблюдения;

$V_p$  - средняя по осадочному чехлу скорость распространения продольных сейсмических волн в точке наблюдения;

$H$  - известная глубина залегания фундамента в точке наблюдения,

сигнал с данным максимумом принимают за соответствующий резонансу между дневной поверхностью и фундаментом ложный сигнал - сигнал от фундамента, бесперспективной точкой наблюдения признают точку со спектром, в котором присутствует сигнал от фундамента с монотонным спадом амплитуды спектра в сторону больших частот от максимума сигнала от фундамента, точку наблюдения, в спектрах сигналов которой присутствуют максимумы на частотах, больших частоты максимума сигнала от фундамента, с их равномерным расположением со смещением относительно других измерений менее чем на половину ширины своего максимума, принимают как перспективную на наличие залежей от природных углеводородов. При этом при выявлении равномерного расположения сигналов возможно их сравнение относительно сигналов других измерений с одной точки наблюдения, или относительно сигналов с других каналов их записи с этой точки наблюдения при многоканальном способе наблюдения, или относительно сигналов их записей с соседних точек наблюдения при одноканальном способе наблюдения. При наличии точек наблюдения больше одной в районе исследования сигнал от фундамента дополнительно характеризует его присутствие в большинстве точек наблюдения.

В общем случае, известные способы измерения сейсмических сигналов [7, 8] включают регистрацию сейсмических сигналов, определение момента времени измерения, определение географических координат, определение колебания сейсмических сигналов, путем анализа результатов наблюдений по периодическим компонентам во временных рядах результатов наблюдений.

Недостатком известных способов является то, что при определении колебания уровня сейсмических сигналов в точке измерения выделяют главные волны колебательного процесса, по амплитудам и фазам которых выполняют полный гармонический анализ с выделением гармонических постоянных. Однако в морских условиях существенное влияние на результаты анализа зарегистрированных сейсмических сигналов оказывают акустические шумы моря и шумы судоходства. Чтобы учесть влияние этих волн, в амплитуды и фазы главных сейсмических волн необходимо вводить поправки, которые зависят от астрономических условий. Кроме того, в известных способах, решение задачи преобразования интервалов времени основано на способах преобразования временных параметров исследуемых процессов, имеющих место при анализе результатов наблюдений.

При этом на основе данных наблюдений для анализа результатов наблюдений выявляются периодические компоненты во временных рядах данных, для которых моменты измерения "асинхронны" с выявленным периодом колебаний, т.е. интервалы времени между моментами измерений не регулярны и значительно превышают выявляемый период колебаний, при этом используют Фурье-анализ, т.е. исследуемые процессы представляют как суперпозицию гармонических колебаний в виде ряда Фурье, что, например, при определении колебания сейсмических волн может вносить дополнительную погрешность, так как сумма двух периодических колебаний может быть непериодической функцией, например, при сложении двух синусоидальных колебаний с несоизмеримыми частотами, когда в результате их сложения может быть

получено сложное непериодическое колебание. При этом временной ход представляется в виде функций значений процесса от времени, и время определяют из условия, что время есть строго возрастающая действительная переменная. При этом устанавливают структуру цикла временных интервалов с выделением эталона времени и выбирают цикловую частоту. Выбор цикловой частоты включает определение защитного временного интервала, обеспечение восстановления несущей, тактовую синхронизацию по элементам и адресацию информации, установление уровней сигналов во временных интервалах. Однако, ввиду того, что периоды системы времени измерения и периоды гармоник колебательного процесса могут быть несоизмеримы, требуется выполнение дополнительных операций, связанных с обеспечением качественной синхронизации. Для этого, при определении периодических компонент во временных рядах данных, полученных при наблюдениях за колебательным процессом, в котором моменты измерения являются асинхронными с выявленным периодом колебаний, используют свойство периодичности выявляемого сигнала на основе свойств периодической функции  $F(t+T)=f(t)$ , где  $t$  - время;  $T$  - период функции  $f(t)$ . Для анализа гармонических колебаний ось времени разбивается на равные отрезки, которые в дальнейшем совмещаются друг с другом. В полученном таким образом циклическом времени моменты измерения описывают изменения функции на одном периоде, что обеспечивает связь между временем континентальным (солнечным) и океаническим (приливным) в соответствии с зависимостью  $x=y-u_m$ , где  $x$  - приливное время (число приливных суток от начала приливного года);  $y$  - дата солнечного времени (число суток от начала года);  $u_m$  - число суток между солнечным и приливным временем, т.е. при этом определяется среднесолнечное время, которое является циклическим временем с постоянным периодом в одни сутки. Связь между этими временами осуществляется путем развертки циклического среднего солнечного времени в линейный последовательный ряд путем введения пронумерованных временных интервалов.

Однако истинное солнечное время и истинные лунные сутки изменяют свою длительность в относительно широком диапазоне, что приводит к погрешностям при определении периодической составляющей в морских условиях, в асинхронных гидрологических наблюдениях, обусловленных различием характера периодичности реального и измеренного процессов по причине измерения в циклической системе среднесолнечного времени. В то же время основные энергонесущие гармоники связаны с лунными периодами, вследствие чего периоды системы времени измерения и периоды гармоник процесса могут быть несоизмеримы. В этом случае в фазовом пространстве, построенном на несоизмеримых с процессом системах времени, траектории колебательного процесса ведут себя хаотически. В зависимости от размерности фазового пространства траектории могут носить квазипериодический характер с перемежаемостью, и даже, более того, иметь структуру странного артефактора. Нестационарность процесса может быть также и следствием неэргодичности траекторий в фазовом пространстве.

Кроме того, реализация известного способа [8] предусматривает суммарный анализ продольных и поперечных микросейсмических волн, что существенно усложняет процесс анализа, а также в получении окончательных достоверных результатов исследований.

Возможность реализации технического решения для повышения информативности и достоверности сейсмических исследований при поиске подводных залежей углеводородов показана в способе регистрации сейсмических сигналов на акватории

моря при поиске подводных залежей углеводородов (патент RU №2434250 [9]).

В данном способе регистрации сейсмических сигналов на акватории моря при поиске подводных залежей углеводородов, путем регистрации сейсмических колебаний поверхности Земли с использованием приемников сейсмических колебаний, способных регистрировать сейсмические колебания в диапазоне от 0,1 до 20 Гц, с размещением приемников сейсмических колебаний на фиксируемом расстоянии друг от друга, в котором регистрацию сейсмических сигналов проводят одновременно по всем измеряемым компонентам, разбивая временной диапазон регистрации измеренного на перспективной площади информационного сигнала, на синхронизованные по времени для всех сейсмических приемников дискретные участки, проводят расчет спектральной характеристики, соответствующей каждому дискретному участку с образованием дискретной последовательности, анализируют каждый дискретный участок на наличие помехи, имеющей техногенную природу, и на наличие события, связанного с приходом сигнала от продуктивного пласта, исключают из дальнейшего рассмотрения те дискретные участки, которые не содержат события, связанного с приходом сигнала от продуктивного пласта в каждой из записей соответствующих компонент сейсмических приемников, а также дискретные участки, содержащие указанные помехи, и проводят анализ оставшихся дискретных участков с вынесением суждения о наличии или отсутствии углеводородов, в котором в отличие от известного способа [7], размещают сейсмические приемники в прибрежной зоне шельфа и на границе подножия континентального склона, в прибрежной зоне шельфа размещают градиентометрические сейсмические приемники, регистрирующие сейсмические колебания в диапазоне от 0,1 до 20 Гц, которые размещают парами на каждом исследуемом дискретном участке, при этом чувствительные элементы каждой пары сейсмических приемников развернуты относительно друг друга в азимуте на 45°, каждая пара сейсмических приемников настроена на прием сигналов из определенной зоны, где пересекаются направления приема упругих колебаний, на базе измерений, не превышающей 50-100 км в средних широтах и 8-10 км в высоких и экваториальных широтах, на частотах от 0,003 до 0,1 Гц регистрируют микросейсмические колебания, начиная с частот от 0,003 Гц, посредством широкополосных цифровых сейсмических приемников, размещенных на границе подножия континентального склона также парами, при анализе каждого дискретного участка отбирают гармоники от двух сейсмических приемников, отраженных одновременно с практически равными амплитудами, для выявления помех для каждого дискретного участка выполняют измерения вариации магнитного поля на частотах 0,01-1,0 Гц, магнитную индукцию электромагнитного поля на частотах 1-200 Гц, электрическую составляющую электромагнитного поля на частотах 1-500 Гц, акустические шумы на частотах 5-50000 Гц, гидродинамический шум моря на частотах 0,01-100 Гц в зонах тектонических разломов, учитывают временной ход уровня подстилающей земной поверхности под действием приливных сил коры Земли, по измеренным параметрам выполняют факторный анализ на уровнях естественного геофизического фона и геофизического фона в период фазы нахождения солнца и луны на одной небесной линии, путем построения графика амплитуд градиентов сейсмических, геодеформационных, геохимических, гидрофизических характеристик, при анализе гармонических колебаний сейсмических волн осуществляют преобразование циклического времени в линейное, анализ зарегистрированных микросейсмических волн с вынесением суждения о наличии или отсутствии углеводородов выполняют для поперечных микросейсмических волн, существенно повышает информативность и достоверность

сейсмических исследований при поиске подводных залежей углеводородов.

Однако размещение средств приема и регистрации сейсмических сигналов, которые представляют собой автономные донные станции (патенты RU №2276388, №229400) или подводные обсерватории (патент RU №2348950), которые оснащены

5 многоканальными приемниками сейсмических сигналов, блоками регистрации и хранения информации, блоком датчиков линейных и угловых перемещений, датчиками регистрации геофизических и гидрологических параметров, на морском дне наталкивается на серьезные и принципиальные и технические трудности. Так как

10 донные станции должны работать в автоматическом режиме, необходимо обеспечить их высокую надежность в течение длительного срока эксплуатации. Они должны иметь прочные корпуса для защиты аппаратуры от давления на глубине до 5-6 км и от ударов о твердое дно при их постановке. Размещение сейсмометров на дне с помощью обитаемых подводных аппаратов обходится чрезвычайно дорого. Стоимость

15 постановки сейсмометров таким способом превышает стоимость самого сейсмометра и не может широко практиковаться (Геологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий. Лобковский Л.И., Левченко Д.Г. и др. М.: Наука, 2005, с.84).

Имеется также ряд специфических проблем: влияние придонных течений на аппаратурные шумы, особенности сцепления корпуса сейсмоприемников с мягким дном, микросейсмические шумы, генерируемые поверхностными гравитационными волнами, особенности распространения сейсмических сигналов в коре океанического типа (Левченко Д.Г. Особенности конструирования широкополосных донных

20 сейсмографов // Океанология, 2001. Т.41. №4, с.620-631).

Принципиальный вопрос представляет передача информации с донной станции на берег. Использование для этих целей гидроакустической связи неэффективно из-за ее малой пропускной способности и большой потребляемой мощности. Для

30 использования радио- или спутниковой связи требуется поверхностный трансляционный буй, который должен быть устойчивым к штормам, дрейфующим льдам и возможным столкновениям с судами.

Задачей предлагаемого технического решения является повышение информативности и достоверности сейсмических исследований при поиске подводных

35 залежей углеводородов, за счет уменьшения выявленных недостатков.

Поставленная задача решается за счет того, что в способе регистрации сейсмических сигналов на акватории моря при поиске подводных залежей углеводородов путем регистрации сейсмических колебаний поверхности Земли с

40 использованием приемников сейсмических колебаний, способных регистрировать сейсмические колебания в диапазоне от 0,1 до 20 Гц, с размещением приемников сейсмических колебаний на фиксируемом расстоянии друг от друга, в котором регистрацию сейсмических сигналов проводят одновременно по всем измеряемым

45 компонентам, разбивая временной диапазон регистрации измеренного на перспективной площади информационного сигнала на синхронизованные по времени для всех сейсмических приемников дискретные участки, проводят расчет спектральной характеристики, соответствующей каждому дискретному участку, с образованием дискретной последовательности, анализируют каждый дискретный участок на наличие

50 помехи, имеющей техногенную природу, и на наличие события, связанного с приходом сигнала от продуктивного пласта, исключают из дальнейшего рассмотрения те дискретные участки, которые не содержат событие, связанное с приходом сигнала от продуктивного пласта в каждой из записей соответствующих

компонент сейсмических приемников, а также дискретные участки, содержащие указанные помехи, и проводят анализ оставшихся дискретных участков с вынесением суждения о наличии или отсутствии углеводородов, в котором размещают сейсмические приемники в прибрежной зоне шельфа и на границе подножия континентального склона, в прибрежной зоне шельфа размещают градиентометрические сейсмические приемники, регистрирующие сейсмические колебания в диапазоне от 0,1 до 20 Гц, которые размещают парами на каждом исследуемом дискретном участке, при этом чувствительные элементы каждой пары сейсмических приемников развернуты относительно друг друга в азимуте на 45°, каждая пара сейсмических приемников настроена на прием сигналов из определенной зоны, где пересекаются направления приема упругих колебаний, на базе измерений, не превышающей 50-100 км в средних широтах и 8-10 км в высоких и экваториальных широтах, на частотах от 0,003 до 0,1 Гц регистрируют микросейсмические колебания, начиная с частот от 0,003 Гц, посредством широкополосных цифровых сейсмических приемников, размещенных на границе подножия континентального склона также парами, при анализе каждого дискретного участка отбирают гармоники от двух сейсмических приемников, отраженных одновременно с практически равными амплитудами, для выявления помех для каждого дискретного участка выполняют измерения вариаций магнитного поля на частотах 0,01-1,0 Гц, магнитную индукцию электромагнитного поля на частотах 1-200 Гц, электрическую составляющую электромагнитного поля на частотах 1-500 Гц, акустические шумы на частотах 5-50000 Гц, гидродинамический шум моря на частотах 0,01-100 Гц в зонах тектонических разломов, учитывают временной ход уровня подстилающей земной поверхности под действием приливных сил коры Земли, по измеренным параметрам выполняют факторный анализ на уровнях естественного геофизического фона и геофизического фона в период фазы нахождения солнца и луны на одной небесной линии путем построения графика амплитуд градиентов сейсмических, геодеформационных, геохимических, гидрофизических характеристик, при анализе гармонических колебаний сейсмических волн осуществляют преобразование циклического времени в линейное, анализ зарегистрированных микросейсмических волн с вынесением суждения о наличии или отсутствии углеводородов выполняют для поперечных микросейсмических волн, в котором, в отличие от прототипа сейсмические приемники заглубляют в морское дно на глубину 20-150 м, путем бурения скважины, на входе скважины размещают буи с нулевой плавучестью, снабженные якорь-грузом и электромагнитным размыкателем, соединенные посредством кабель - троса с сейсмическим приемником и снабженные блоком записи сейсмических сигналов и спутниковым каналом связи.

Способ реализуется следующим образом.

С обеспечивающего судна спускают автономную донную буровую установку, которая свободно опускается на дно, а затем в автоматическом режиме бурит скважину и размещает контейнер с сейсмическими приемниками на глубинах от 150 до 20 м. Посредством автономной донной буровой установки на входе скважины размещают буи с нулевой плавучестью, снабженные якорь-грузом и электромагнитным размыкателем, соединенные посредством кабель-троса с сейсмическим приемником и снабженные блоком записи сейсмических сигналов и спутниковым каналом связи. По мере заполнения блока записи сейсмических сигналов, подается сигнал на электромагнитный размыкатель, посредством которого отсоединяется якорь-груз и кабель-трос, и буй всплывает на водную поверхность.

Аналогом буя с нулевой плавучестью является морской аварийно-спасательный буй. Внутри буя с нулевой плавучестью установлен блок записи сейсмических сигналов и приемопередатчик спутниковой связи с выдвижной антенной, которая

5 устанавливается в рабочее положение при всплытии буя на поверхность воды. Зарегистрированные сейсмические сигналы с блока записи сейсмического сигнала по спутниковому каналу связи транслируются на диспетчерский пункт, где подвергаются

10 детальному анализу. По заполнению блока записи сейсмических сигналов другого буя с нулевой плавучестью, он также всплывает на поверхность моря. Впоследствии буи с нулевой плавучестью могут быть установлены посредством автономной донной буровой станции на прежние установочные места или использованы при установке сейсмических приемников на другой акватории.

15 Средства приема и регистрации сейсмических сигналов оснащены многоканальными приемниками сейсмических сигналов и блоками регистрации сейсмических сигналов и построены на основе горизонтальных (типа СМ-5ВГ «Север-Юг» и СМ-5ВГ «Восток-Запад» и вертикального велосиметра (типа СМ-5В(Z), вертикального акселерометра (типа СМ-5А(Z) и трехкомпонентного сейсмоакустического датчика (типа А1632), феррозондового магнитометра

20 (типа LEM1). Сейсмические приемники размещают в прибрежной зоне шельфа и на границе подножия континентального склона, в прибрежной зоне шельфа размещают градиентометрические сейсмические приемники, регистрирующие сейсмические

25 колебания в диапазоне от 0,1 до 20 Гц, которые размещают парами на каждом исследуемом дискретном участке, при этом чувствительные элементы каждой пары сейсмических приемников развернуты относительно друг друга в азимуте на 45°, каждая пара сейсмических приемников настроена на прием сигналов из определенной

30 зоны, где пересекаются направления приема упругих колебаний, на базе измерений, не превышающей 50-100 км в средних широтах и 8-10 км в высоких и экваториальных широтах. Каждая пара градиентометрических сейсмических приемников при этом выполняет роль направленной антенны.

35 Градиентометрический сейсмический приемник представляет собой трехтензорный градиентометр для подводных исследований, в котором пять независимых тензоров градиентометра позволяют получить качественную и количественную картину физических данных дискретных участков, в том числе и получить предварительную

40 информацию о геологической структуре. На частотах от 0,003 до 0,1 Гц (как и в прототипе) регистрируют микросейсмические колебания, начиная с частот от 0,003 Гц, посредством широкополосных цифровых сейсмических приемников, размещенных на границе подножия континентального склона также парами, при анализе каждого дискретного участка отбирают гармоники от двух сейсмических приемников, отраженных

45 одновременно с практически равными амплитудами. Поскольку микросейсмические волны представляют собой нестационарные процессы, то при обработке сигналов микросейсмических волн используют усредненные во времени корреляционные и спектральные характеристики нестационарных процессов. При этом, при прохождении случайных нестационарных сигналов через линейные цепи широкополосных регистраторов сигналов, усредненные во времени корреляционная и спектральная функция трансформируются этими цепями так же, как и соответствующие характеристики для стационарных процессов.

Зарегистрированные сигналы при обработке разбиваются на частотные поддиапазоны, что дает существенный выигрыш в сокращении требуемого объема памяти накопителя информации и объема вычислений при определении корреляционных и спектральных функций случайных процессов.

5       Весь частотный диапазон широкополосного сейсмического приемника разбивают на два поддиапазона (0,003-0,2 Гц и 0,1-0,2 Гц). Район «сшивки» поддиапазона 0,1-0,2 Гц был выбран в области устойчивого максимума микросейсмических волн, в котором практически не производится регистрация землетрясений. В низкочастотном  
10 поддиапазоне осуществлялась цифровая запись с частотой квантования 1 Гц в каждом из четырех каналов регистрации. В высокочастотном поддиапазоне осуществлялась аналоговая запись на магнитную ленту с последующим квантованием и вычислением корреляционных функций и спектров. Такое техническое решение позволяет примерно  
15 в 100 раз увеличить время работы сейсмического приемника на дне в режиме непрерывной регистрации микросейсмических волн.

При размещении сейсмических приемников в скважине на разной глубине с использованием низкочастотных сейсмических сигналов, обеспечивается возможность проникновения на большую глубину в недра Земли и исследовать ее строение вплоть  
20 до внутреннего ядра.

Для выявления помех для каждого дискретного участка выполняют измерения вариации магнитного поля на частотах 0,01-1,0 Гц, магнитную индукцию электромагнитного поля на частотах 1-200 Гц, электрическую составляющую электромагнитного поля на частотах 1-500 Гц, акустические шумы на частотах 5-50000  
25 Гц, гидродинамический шум моря на частотах 0,01-100 Гц в зонах тектонических разломов, которые учитывают при анализе зарегистрированных сигналов.

При анализе зарегистрированных сигналов также учитывают временной ход уровня подстилающей земной поверхности под действием приливных сил коры Земли.

30       При этом по измеренным параметрам выполняют факторный анализ на уровнях естественного геофизического фона и геофизического фона в период фазы нахождения солнца и луны на одной небесной линии, путем построения графика амплитуд градиентов сейсмических, геодформационных, геохимических, гидрофизических характеристик. При анализе гармонических колебаний сейсмических волн  
35 осуществляют преобразование циклического времени в линейное.

Посредством блока датчиков линейных и угловых перемещений регистрируют сигналы, характеризующие приливные колебания коры Земли (грунта). Твердая кора Земли также испытывает приливные колебания, как и водные массы океанов.

40       Приливные колебания коры Земли также носят гармонический характер, т.е. фаза колебаний представляет собой гладкую функцию. Однако вследствие того, что кора - более жесткая среда, то с течением времени в смежных областях коры с разными упругими характеристиками накапливаются фазовые сдвиги, которые не снимаются путем образования амфидромических точек, а снимаются путем образования  
45 землетрясений. Анализ пространственно-временного распределения фаз приливных колебаний в коре Земли выполняется в следующей последовательности.

Измерение колебаний грунта моря выполняют на дискретных участках акватории моря в различные моменты времени таким образом, чтобы получаемые измерения в  
50 каждой точке измерения имели различные значения интервалов времени относительно ближайшего к моменту измерения последнего момента верхней кульминации Луны на фиксированном географическом меридиане.

При этом измеренные значения уровня грунта в точках акватории моря,

расположенных по возрастанию величины интервала времени между ближайшим предшествующим моментом времени верхней кульминации Луны на фиксированном меридиане и моментом измерения позволяют установить временной ход уровня под действием приливных сил коры Земли, что обусловлено тем, что приливные колебания в некоторой точке акватории моря имеют практически постоянный фазовый сдвиг относительно времени верхней кульминации Луны на фиксированном географическом меридиане. Так как сочетания фаз движения Луны вокруг Земли и фаз колебания уровня грунта моря в некоторой точке повторяются с периодом движения Луны вокруг Земли, то измеренные значения уровня грунта моря в некоторой точке акватории моря, расположенные по возрастанию величины интервала времени между ближайшим предшествующим моментом времени верхней кульминации Луны на фиксированном географическом меридиане и моментом измерения, представляют собой изменение фазы прилива, а следовательно, и временной ход уровня в точке измерения под действием приливных сил.

По измеренным приборным значениям колебания уровня грунта моря формируют ряды наблюдений.

Определяют значения высоты прилива конкретной гармонической составляющей волны  $h(t)$ , которая задается амплитудой  $A$ , углом положения  $g$  ( $A$  и  $g$  - гармонические постоянные) и периодом  $T$ , в соответствии с зависимостью  $h(t) = A \cos(qt - g)$ , где  $q$  - угловая скорость гармонической волны за один час среднего времени,  $t$  - фиксированный момент времени.

Определяют амплитуды гармонической составляющей высоты прилива коры Земли.

Для анализа гармонических колебаний ось времени разбивается на равные отрезки, которые впоследствии совмещаются друг с другом. В полученном таким образом циклическом времени моменты измерения описывают изменения функции на одном периоде, что обеспечивает связь между временем континентальным (солнечным) и океаническим (приливным) в соответствии с зависимостью  $x = y - u_m$ , где  $x$  - приливное время (число приливных суток от начала приливного года),  $y$  - дата солнечного времени (число суток от начала года),  $u_m$  - число суток между солнечным и приливным временем (число суток от начала года).

Вследствие того, что периоды системы времени измерения и периоды гармоник колебательного процесса могут быть несоизмеримы, то осуществляют преобразование циклического времени в линейное, в соответствии с известной зависимостью (см. например: патент RU №2343415).

Дальнейшую обработку выполняют с учетом преобразованного времени.

Определяют значения высоты прилива коры Земли  $h = h(x, y)$  для последовательного набора дискретных значений времени  $h = h(x, y, t)$ , например, методом сеток (см., например, Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций переменного. М.-Л. ГИТТЛ, 1958).

По полученным значениям высоты прилива для последовательного набора дискретных значений времени определяют амплитуды колебаний гармонической составляющей, например, в узлах сетки (см., например, Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций переменного. М. - Л. ГИТТЛ, 1958).

По полученным значениям высоты прилива коры Земли определяют время наступления максимального уровня.

При анализе периодической составляющей колебательного процесса используется множество действительных чисел, что позволяет определить реальную изменчивость колебательного процесса.



Определение интервала времени между ближайшим предшествующим моментом времени верхней кульминации Луны и моментом верхней кульминации Луны позволяет определить временной ход приливных колебаний уровня земной коры в различных точках акватории моря и получить пространственный ход приливных колебаний на данной акватории на любой астрономический момент времени. Измеренные значения уровня коры Земли в некоторых точках акватории моря, расположенных по возрастанию величины интервала времени, позволяют по изменению фазы прилива определить и временной ход уровня в точке измерения под действием приливных сил.

Ввиду того, что колебательный процесс  $q$  уровня коры Земли в каждый фиксированный момент времени является функцией двух частот, а в каждый момент времени значение колебательного процесса будет являться функцией двух независимых переменных, представляющих собой координаты фазового пространства, то повышается вероятность достоверного выделения периодической составляющей колебательного процесса. При этом гармонические постоянные определяются на основании множества действительных чисел, что позволяет определить реальную изменчивость колебательного процесса уровня коры Земли. При выполнении операций аппроксимации полученных результатов, числовые величины измерений записываются в символьной системе Штерна-Броко (1. Грэхем Р., Кнут Д., Паташник О. Конкретная математика. - М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 703, с.2. Айгнер М., Циглер Г. Доказательства из Книги. - М.: Мир, 2006. - 256 с.). Иерархическая графовая структура системы Штерна-Броко дает возможность осуществления быстрого поиска близких чисел, представленных с различной погрешностью, обусловленной первичными датчиками измерений, так как этому соответствует различное число символов в представлении Штерна-Броко. Меньшее количество символов в представлении является признаком большой погрешности. Это свойство системы Штерна-Броко позволяет простым способом представить число, заданное или измеренное с некоторой погрешностью, числом с большей погрешностью путем простого сокращения отбрасывания последних символов. В десятичном представлении, что имеет место в известных способах, осуществить нельзя. Запись числа в символьной системе Штерна-Броко содержит информацию не только об измеренном значении, но и содержит информацию о погрешности представления числа, так как последовательность символов в представлении числа определяют все соответствующие узлы в дереве Штерна-Броко. Для наинизшего узла можно найти его соседей, как по вертикали, так и по горизонтали, что позволяет оценить точность представления числа и перейти к представлению с другой точностью. Алгоритмы нахождения ближайших и последующих чисел известны и очень эффективны с вычислительной точки зрения. Представление символьной записи числа в системе Штерна-Броко в бинарном виде требует меньшей памяти, чем при интервальном представлении чисел, что имеет место в известных способах морской сейсмической разведки.

Анализ зарегистрированных микросейсмических волн с вынесением суждения о наличии или отсутствии углеводородов выполняют для поперечных микросейсмических волн.

Зарегистрированные сигналы при обработке разбиваются на частотные поддиапазоны, что дает существенный выигрыш в сокращении требуемого объема памяти накопителя информации и объема вычислений при определении корреляционных и спектральных функций случайных процессов.

При практической реализации способа, весь частотный диапазон широкополосного сейсмического приемника был разбит на два поддиапазона (0,003-0,2 Гц и 0,1-0,2 Гц). Район «сшивки» поддиапазона 0,1-0,2 Гц был выбран в области устойчивого максимума микросейсмических волн, в котором практически не производится регистрация землетрясений. В низкочастотном поддиапазоне осуществлялась цифровая запись с частотой квантования 1 Гц в каждом из четырех каналов регистрации. В высокочастотном поддиапазоне осуществлялась аналоговая запись на магнитную ленту с последующим квантованием и вычислением корреляционных функций и спектров. Такое техническое решение позволяет примерно в 100 раз увеличить время работы сейсмического приемника на дне в режиме непрерывной регистрации микросейсмических волн.

Для выявления помех для каждого дискретного участка выполняют измерения вариации магнитного поля на частотах 0,01-1,0 Гц, магнитную индукцию электромагнитного поля на частотах 1-200 Гц, электрическую составляющую электромагнитного поля на частотах 1-500 Гц, акустические шумы на частотах 5-50000 Гц, гидродинамический шум моря на частотах 0,01-100 Гц в зонах тектонических разломов, которые учитывают при анализе зарегистрированных сигналов.

При анализе зарегистрированных сигналов также учитывают временной ход уровня подстилающей земной поверхности под действием приливных сил коры Земли.

При этом по измеренным параметрам выполняют факторный анализ на уровнях естественного геофизического фона и геофизического фона в период фазы нахождения солнца и луны на одной небесной линии, путем построения графика амплитуд градиентов сейсмических, геодеформационных, геохимических, гидрофизических характеристик. При анализе гармонических колебаний сейсмических волн осуществляют преобразование циклического времени в линейное.

Посредством блока датчиков линейных и угловых перемещений регистрируют сигналы, характеризующие приливные колебания коры Земли (грунта). Твердая кора Земли также испытывает приливные колебания, как и водные массы океанов.

Приливные колебания коры Земли также носят гармонический характер, т.е. фаза колебаний представляет собой гладкую функцию. Однако вследствие того, что кора - более жесткая среда, то с течением времени в смежных областях коры с разными упругими характеристиками накапливаются фазовые сдвиги, которые не снимаются путем образования амфидромических точек, а снимаются путем образования землетрясений. Анализ пространственно-временного распределения фаз приливных колебаний в коре Земли выполняется в следующей последовательности.

Измерение колебаний грунта моря выполняют на дискретных участках акватории моря в различные моменты времени таким образом, чтобы получаемые измерения в каждой точке измерения имели различные значения интервалов времени относительно ближайшего к моменту измерения последнего момента верхней кульминации Луны на фиксированном географическом меридиане.

Анализ зарегистрированных микросейсмических волн с вынесением суждения о наличии или отсутствии углеводородов выполняют для поперечных микросейсмических волн.

При этом для всех излучающих микросейсмических точек дискретного участка выбирают все гармоники от двух широкополосных сейсмических приемников, отраженных одновременно с практически равными амплитудами и лежащих в пределах угла прихода отраженных волн.

При этом значение угла прихода отраженных волн, в конкретной реализации

способа составляет  $7^\circ$ , что обусловлено следующими ограничениями.

С одной стороны угол не должен быть больше  $10^\circ$  ввиду большой скорости продольной волны, что может привести к ошибкам, обусловленным геометрией расположения излучаемых сигналов по лучам их распространения. С другой стороны  
5 угол не должен быть меньше  $1^\circ$ , так как необходимая точность времени фиксации сигналов будет недостаточна и в сочетании с существующей чувствительностью сейсмических датчиков может увеличиться погрешность измерений.

Для извлечения из результатов обработки продольной составляющей  
10 микросейсмических волн в схеме обработки сигналов предусмотрен фазовый амплитудный фильтр, который извлекает продольные микросейсмические волны и исключает поперечные микросейсмические волны.

Предлагаемый способ реализуется на устройствах, имеющих промышленное  
15 применение, что обуславливает отсутствие технических рисков при его применении.

В отличие от известных способов морской сейсмической разведки для поиска углеводородов предлагаемый способ позволяет получить более широкий спектр сигналов о состоянии геофизических полей, что повышает достоверность суждения о  
наличии на дискретных участках подводных залежей углеводородов.

#### 20 Источники информации

1. Авторское свидетельство SU №1766180.
2. Патент RU №2032190.
3. Патент RU №2032222.
4. Авторское свидетельство SU №1770776.
- 25 5. Авторское свидетельство SU №1770774.
6. Патент RU №2388023.
7. Патент RU №2251716.
8. Патент RU №2336541.
- 30 9. Патент RU №2434250.

#### Формула изобретения

Способ регистрации сейсмических сигналов на акватории моря при поиске  
35 подводных залежей углеводородов путем регистрации сейсмических колебаний поверхности Земли с использованием приемников сейсмических колебаний, способных регистрировать сейсмические колебания в диапазоне от 0,1 до 20 Гц, с размещением приемников сейсмических колебаний на фиксируемом расстоянии друг от друга, в котором регистрацию сейсмических сигналов проводят одновременно по всем  
40 измеряемым компонентам, разбивая временной диапазон регистрации измеренного на перспективной площади информационного сигнала на синхронизованные по времени для всех сейсмических приемников дискретные участки, проводят расчет спектральной характеристики, соответствующей каждому дискретному участку, с образованием дискретной последовательности, анализируют каждый дискретный участок на наличие  
45 помехи, имеющей техногенную природу, и на наличие события, связанного с приходом сигнала от продуктивного пласта, исключают из дальнейшего рассмотрения те дискретные участки, которые не содержат событие, связанное с приходом сигнала от продуктивного пласта в каждой из записей соответствующих  
50 компонент сейсмических приемников, а также дискретные участки, содержащие указанные помехи, и проводят анализ оставшихся дискретных участков с вынесением суждения о наличии или отсутствии углеводородов, причем размещают сейсмические приемники в прибрежной зоне шельфа и на границе подножия континентального

склона, в прибрежной зоне шельфа размещают градиентометрические сейсмические приемники, регистрирующие сейсмические колебания в диапазоне от 0,1 до 20 Гц, которые размещают парами на каждом исследуемом дискретном участке, при этом чувствительные элементы каждой пары сейсмических приемников развернуты относительно друг друга в азимуте на 45°, каждая пара сейсмических приемников настроена на прием сигналов из определенной зоны, где пересекаются направления приема упругих колебаний, на базе измерений, не превышающей 50-100 км в средних широтах и 8-10 км в высоких и экваториальных широтах, на частотах от 0,003 до 0,1 Гц регистрируют микросейсмические колебания, начиная с частот от 0,003 Гц, посредством широкополосных цифровых сейсмических приемников, размещенных на границе подножия континентального склона также парами, при анализе каждого дискретного участка отбирают гармоники от двух сейсмических приемников, отраженных одновременно с практически равными амплитудами, для выявления помех для каждого дискретного участка выполняют измерения вариаций магнитного поля на частотах 0,01-1,0 Гц, магнитную индукцию электромагнитного поля на частотах 1-200 Гц, электрическую составляющую электромагнитного поля на частотах 1-500 Гц, акустические шумы на частотах 5-50000 Гц, гидродинамический шум моря на частотах 0,01-100 Гц в зонах тектонических разломов, учитывают временной ход уровня подстилающей земной поверхности под действием приливных сил коры Земли, по измеренным параметрам выполняют факторный анализ на уровнях естественного геофизического фона и геофизического фона в период фазы нахождения солнца и луны на одной небесной линии путем построения графика амплитуд градиентов сейсмических, геодформационных, геохимических, гидрофизических характеристик, при анализе гармонических колебаний сейсмических волн осуществляют преобразование циклического времени в линейное, анализ зарегистрированных микросейсмических волн с вынесением суждения о наличии или отсутствии углеводородов выполняют для поперечных микросейсмических волн, отличающийся тем, что сейсмические приемники заглубляют в морское дно на глубину 20-150 м путем бурения скважины, на входе скважины размещают буи с нулевой плавучестью, снабженные якорь-грузом и электромагнитным размыкателем, соединенные посредством кабель-троса с сейсмическим приемником и снабженные блоком записи сейсмических сигналов и спутниковым каналом связи.

40

45

50