



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2015109713/28, 20.08.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.08.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.08.2012

(43) Дата публикации заявки: 10.10.2016 Бюл. № 28

(45) Опубликовано: 27.10.2016 Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2449322 C1, 27.04.2012;US 4635238 A1, 06.01.1987;RU 2126984 C1, 27.02.1999;RU 2221262 C1, 10.01.2004;US 5570321 A1, 29.10.1996.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 20.03.2015

(86) Заявка РСТ:  
US 2012/051568 (20.08.2012)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2014/031094 (27.02.2014)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО  
"Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

**ЛАНДЖЕНУОЛТЕР** Ричард Дж. (US),  
**ХЕЙН** Лэнс О. (US)

(73) Патентообладатель(и):

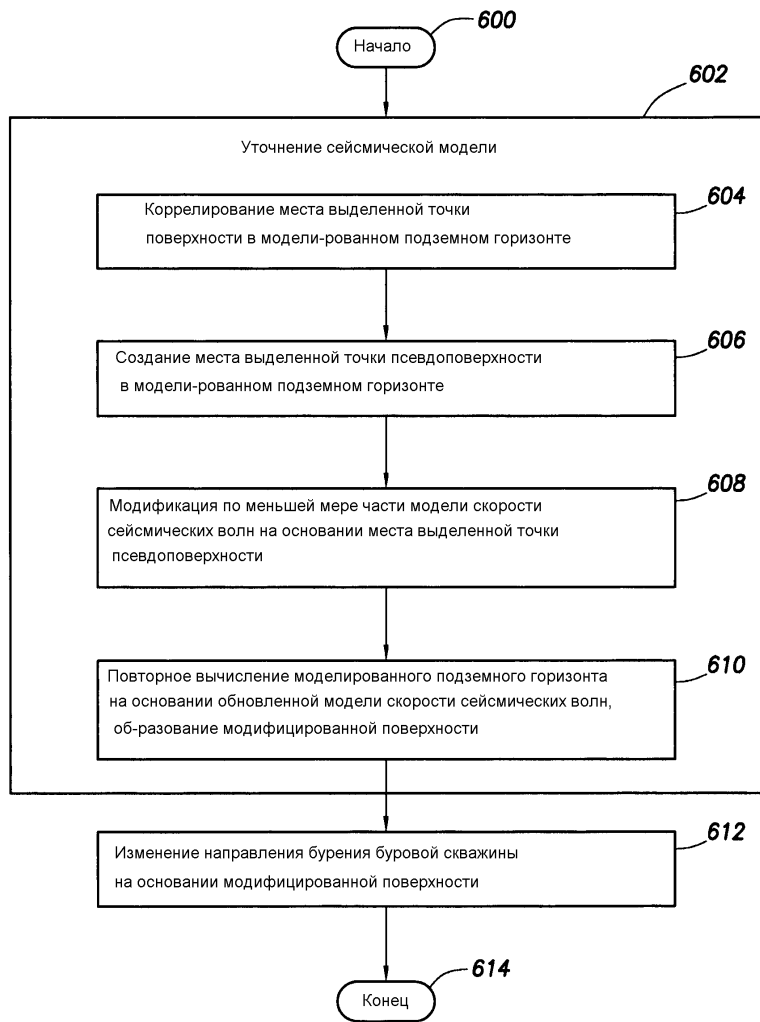
**ЛЭНДМАРК ГРАФИКС КОРПОРЕЙШН**  
(US)

**(54) СПОСОБЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ МЕСТ ВЫДЕЛЕННЫХ ТОЧЕК ПСЕВДОПОВЕРХНОСТИ В МОДЕЛИ СКОРОСТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области геофизики и может быть использовано в процессе обработки сейсмических данных. По меньшей мере некоторые иллюстративные варианты осуществления относятся к способам, включающим уточнение модели скорости сейсмических волн путем коррелирования прогнозной каротажной диаграммы с измеренной каротажной диаграммой, создание места выделенной точки псевдоповерхности в моделированном подземном горизонте на основании корреляции и модификацию по

меньшей мере части модели скорости сейсмических волн на основании места выделенной точки псевдоповерхности. Способ также включает повторное вычисление моделированного подземного горизонта на основании модели скорости сейсмических волн, вследствие чего образуется модифицированная поверхность, и отображение модифицированной поверхности на дисплейном устройстве компьютерной системы. Технический результат - повышение точности и достоверности получаемых данных. 3 н. и 24 з.п. ф-лы, 7 ил.



ФИГ.6



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015109713/28, 20.08.2012  
 (24) Effective date for property rights: 20.08.2012  
 Priority:  
 (22) Date of filing: 20.08.2012  
 (43) Application published: 10.10.2016 Bull. № 28  
 (45) Date of publication: 27.10.2016 Bull. № 30  
 (85) Commencement of national phase: 20.03.2015  
 (86) PCT application: US 2012/051568 (20.08.2012)  
 (87) PCT publication: WO 2014/031094 (27.02.2014)  
 Mail address: 129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str. 3, OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s): LANDZHENUOLTER Richard Dzh. (US), KHEJN Lens O. (US)  
 (73) Proprietor(s): LENDMARK GRAFIKS KORPOREJSHN (US)

(54) **METHODS AND SYSTEMS FOR CONNECTION PSEUDOSURFACE SELECTED POINT PLACES INTO SPEED OF SEISMIC WAVES MODELS**

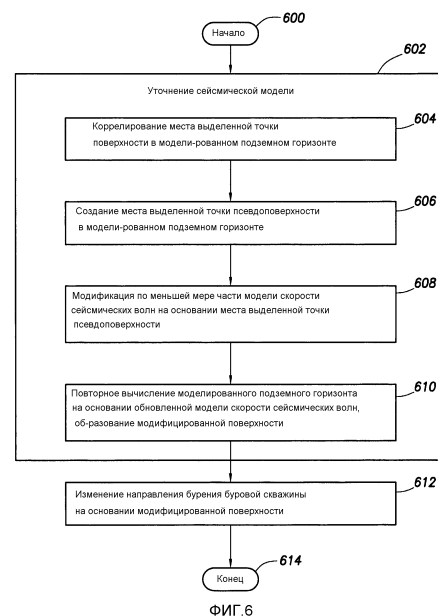
(57) Abstract:

FIELD: data processing.

SUBSTANCE: invention relates to geophysics and can be used during seismic data processing. At least some of illustrated versions of implementation relate to methods, including updating model speed of seismic waves by correlating prediction make with measured logging diagram, creation of pseudosurface selected point place in modelled underground horizon based on correlation and modification of at least part of model of seismic wave velocity based on pseudosurface selected point place. Method also involves repeated calculation of simulated underground horizon based on model of speed of seismic waves due to formation of modified surface, and display of modified surface on computer system display.

EFFECT: high accuracy and reliability of obtained data.

27 cl, 7 dwg



ФИГ. 6

RU 2601232 C2

RU 2601232 C2

## ПРЕДПОСЫЛКИ

[0001] Достижения в области горизонтального бурения повышают возможность экономически эффективной добычи углеводородов из углеводородсодержащих пластов. Однако при расположении горизонтальной буровой скважины (также известной под названием боковой ствол) требуется особая точность. Например, сланцевый пласт может находиться ниже поверхности на глубине несколько тысяч футов, а сам сланцевый пласт может иметь мощность порядка 1000 футов (304,8 м). В пределах типичной мощности 1000 футов (304,8 м) имеются всего лишь несколько относительно тонких зон, при этом каждая зона (то есть целевая зона) толщиной порядка десятков футов может быть подходящим местом для размещения бокового ствола и добычи углеводородов. Вне целевых зон возможна определенная добыча углеводородов, но такая добыча в большинстве случаев экономически нецелесообразна.

[0002] Кроме того, физические явления, такие как образование разрывов и дифференциальное уплотнение, могут делать иной истинную вертикальную глубину целевых зон, зависимой от горизонтального положения в углеводородсодержащем пласте. Даже если можно в конкретном месте идентифицировать целевую зону для размещения бокового ствола (например, разведочной буровой скважины), точная глубина целевой зоны может изменяться как функция расстояния от конкретного места.

[0003] Поэтому любое продвижение вперед, которое приводит к лучшему управлению горизонтальными буровыми скважинами, будет обеспечивать конкурентное преимущество.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0004] При подробном описании примеров вариантов осуществления изобретения будет делаться обращение к сопровождающим чертежам, на которых:

[0005] фигура 1 - перспективный вид в разрезе части углеводородсодержащего пласта согласно по меньшей мере некоторым вариантам осуществления;

[0006] фигура 2 - вид пользовательского интерфейса согласно по меньшей мере некоторым вариантам осуществления;

[0007] фигура 3 - вид пользовательского интерфейса согласно по меньшей мере некоторым вариантам осуществления;

[0008] фигура 4 - вид пользовательского интерфейса согласно по меньшей мере некоторым вариантам осуществления;

[0009] фигура 5 - вид пользовательского интерфейса согласно по меньшей мере некоторым вариантам осуществления;

[10] фигура 6 - иллюстрация способа согласно по меньшей мере некоторым вариантам осуществления; и

[0011] фигура 7 - структурная схема компьютерной системы согласно по меньшей мере некоторым вариантам осуществления.

## СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ И ТЕРМИНОЛОГИЯ

[0012] Определенные термины используются на всем протяжении нижеследующего описания и в формуле изобретения для пояснения компонентов системы. Как должно быть понятно специалисту в соответствующей области техники, различные компании могут давать компоненту разные наименования. В этом документе не предполагается проведение различий между компонентами, которые отличаются по названию, а не по функции.

[0013] В нижеследующем рассмотрении и в формуле изобретения термины «включающий» и «содержащий» используются в открытой форме и поэтому должны интерпретироваться как означающие «включающий, но не ограниченный...». Кроме

того, термины «связывать» или «связан» предполагаются означающими косвенное, непосредственное, оптическое или беспроводное электрическое соединение. Поэтому, если первое устройство связано со вторым устройством, то соединение может происходить в результате прямого соединения или в результате косвенного соединения

5 через посредство других устройств и соединений.

[0014] «Измеренная каротажная диаграмма» означает ряд значений, где каждое значение показывает измеренный параметр породной формации на месте вдоль буровой скважины. Измеренная каротажная диаграмма включает в себя не только всю измеренную каротажную диаграмму, но также участки измеренной каротажной

10 диаграммы, меньшие, чем вся измеренная каротажная диаграмма.

[0015] «Прогнозная каротажная диаграмма» означает ряд значений, где каждое значение показывает прогнозный параметр породной формации на месте вдоль буровой скважины. Прогнозная каротажная диаграмма включает в себя каротажную диаграмму, образуемую на основании одной или нескольких реальных каротажных диаграмм, или

15 может включать в себя измеренную каротажную диаграмму, определенную на других местах в той же самой буровой скважине. Прогнозная каротажная диаграмма включает в себя не только всю прогнозную каротажную диаграмму, но также участки прогнозной каротажной диаграммы, меньшие, чем вся прогнозная каротажная диаграмма.

[0016] «Буровая скважина» означает ствол, пробуренный в земной коре, используемый

20 непосредственно или косвенно для добычи или извлечения природных ресурсов, таких как нефть, природный газ или вода.

[0017] «Горизонтальная буровая скважина» означает буровую скважину, в которой по меньшей мере участок буровой скважины имеет отклонение от вертикальной ориентации, которое превышает по меньшей мере 20°. То, что буровая скважина

25 первоначально может быть пробурена с использованием вертикальной ориентации, и то, что горизонтальная буровая скважина может не быть точно горизонтальной относительно внешней стороны грунта или горизонтальной плоскости, не исключает статуса горизонтальной буровой скважины.

[0018] «Перетаскивание» означает, что объект на дисплейном устройстве выделяется

30 в ответ на команду, принимаемую с указательного устройства, и во время выделения положение объекта изменяется в ответ на принимаемые команды.

[0019] «Место выделенной точки поверхности» означает точку, в которой буровая скважина на самом деле проходит через физическое место, соответствующее моделированному подземному горизонту.

35 [0020] «Место выделенной точки псевдоповерхности» означает точку, в которую помещают указатель в пределах моделированного подземного горизонта, вычисленного с учетом буровой скважины, но при этом буровая скважина не проходит через физическую глубину/место, соответствующее точке в пределах моделированного подземного горизонта.

[0021] «Нелинейный» применительно к моделированному подземному горизонту

40 означает, что подземный горизонт имеет кривизну в противоположность прямолинейному. «Нелинейный» не относится к разрывам (например, к ступенчатым функциям) в моделированном подземном горизонте.

[0022] «Реальное время» применительно к выполнению задачи, относящейся к модели

45 скорости сейсмических волн или моделированному горизонту, означает выполнение задачи в течение одной минуты или быстрее от начала события.

[0023] «Создание движущихся изображений» или «анимация» применительно к операциям, связанным с дисплейным устройством, означает, что изменения

отображаемого объекта представляются со скоростью 15 кадров в секунду или более высокой.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

5 [0024] Нижеследующее рассмотрение относится к различным вариантам осуществления изобретения. Хотя один или несколько из этих вариантов осуществления могут быть предпочтительными, раскрытые варианты осуществления не следует  
интерпретировать или иным образом использовать как ограничивающие объем раскрытия, в том числе объем формулы изобретения. Кроме того, специалисту в соответствующей области техники должно быть понятно, что нижеследующее описание  
10 имеет широкое применение, и рассмотрение любого варианта осуществления означает только приведение в качестве примера этого варианта осуществления, и не предполагается, что объем раскрытия, в том числе объем формулы изобретения, ограничивается этим вариантом осуществления.

[0025] Подземные углеводородсодержащие пласты могут находиться на глубине  
15 несколько тысяч футов ниже внешней стороны грунта и могут иметь мощность несколько тысяч футов. Хотя весь пласт может быть насыщен до известной степени углеводородами, могут быть случаи, когда углеводороды экономически целесообразно добывать с конкретных мест (например, вблизи кровли пласта пористой породы или в конкретных зонах сланцевых пластов). Относительно небольшие зоны, из которых  
20 углеводороды можно экономически целесообразно добывать, в этой заявке называются целевыми зонами.

[0026] Различные варианты осуществления относятся к способам и системам для уточнения не только моделированных поверхностей, но также уточнения моделей скорости сейсмических волн, чтобы в массивах сейсмических данных о глубинах лучше  
25 обозначались положения различных представляющих интерес подземных горизонтов. Чтобы более полно рассмотреть способы и системы для ориентации читателя, описание сначала будет относиться к описанию высокого уровня.

[0027] На фигуре 1 показан перспективный вид в разрезе участка земной коры. В частности, на фигуре 1 показана внешняя сторона 100 грунта (названная внешней  
30 стороной, а не «поверхностью», поскольку «поверхность» имеет конкретное значение, рассмотренное дополнительно ниже). Ниже внешней стороны 100 находится участок углеводородсодержащего пласта 102 (показанного сплошными линиями). Хотя материалы, которые образуют углеводородсодержащий пласт 102, первоначально могли осаждаться горизонтальными слоями, дифференциальное уплотнение и  
35 образование разрывов могли приводить к образованию падения. В частности, пунктирной линией 104 показаны два края горизонтальной плоскости, и при этом падение углеводородсодержащего пласта 102 происходит вниз в направлении от наблюдателя фигуры 1.

[0028] Кроме того, на фигуре 1 показаны несколько буровых скважин, пробуренных  
40 в углеводородсодержащем пласте. Например, буровая скважина 106 показана как вертикально ориентированная буровая скважина, которая продолжается через углеводородсодержащий пласт 102. Буровая скважина 106 связана с оборудованием 108 устья скважины для показа, что буровая скважина 106 было пробурена ранее, и в некоторых ситуациях буровая скважина 106 может иметь обсадную колонну. На фигуре  
45 1 буровая скважина 110 показана также как вертикально ориентированная буровая скважина, которая продолжается через углеводородсодержащий пласт 102. Буровая скважина 110 связана с оборудованием 112 устья скважины для показа, что буровая скважина 110 было пробурена ранее, и в некоторых ситуациях может иметь обсадную

колонну. В отрасли промышленности буровые скважины 106 и 110 могут называться «соседними скважинами» или «типовыми скважинами» при рассмотрении относительно горизонтальных буровых скважин, которые планируются или в настоящее время пробуриваются, и поэтому в этой заявке будут называться соседними скважинами 106 и 110. Хотя соседние скважины 106 и 110 показаны как вертикально ориентированные и продолжающиеся полностью через углеводородсодержащий пласт 102, для проведения отличия от планируемой горизонтальной буровой скважины (рассмотренной дополнительно ниже), нет необходимости в том, чтобы соседние скважины были вертикально ориентированными или продолжающимися через углеводородсодержащий пласт. Если не оговорено иное, соседние скважины могут быть буровыми скважинами любого типа, в том числе горизонтальными буровыми скважинами.

[0029] Информацию, используемую при планировании траектории горизонтальной буровой скважины, можно определять из соседних скважин 106 и 110. Например, в соседней скважине 106 можно точно измерить глубину 114 по вертикали кровли углеводородсодержащего пласта 102 на месте нахождения соседней скважины 106. Аналогичным образом в соседней скважине 110 можно точно измерить глубину 116 по вертикали кровли углеводородсодержащего пласта 102 на месте нахождения соседней скважины 110. Кроме того, в соседних скважинах 106 и 110 можно получить множество каротажных диаграмм. Например, каротаж соседних скважин можно выполнять во время бурения, можно выполнять каротаж в продолжение всего процесса бурения, но при удалении бурильной колонны (например, выполнять каротаж спускаемыми на кабеле каротажными приборами), и/или можно выполнять каротаж после завершения бурения и цементирования обсадной колонны. Из каротажных диаграмм можно получать основную информацию об углеводородсодержащем пласте 102. Например, из каротажных диаграмм, снятых в соседних скважинах, можно получать идентифицирующую информацию (то есть информацию о маркерах) для различных глубин в углеводородсодержащем пласте 102. То есть информация о маркерах может быть основана на любом измеримом свойстве углеводородсодержащего пласта, таком как естественное гамма-излучение или удельное электрическое сопротивление.

[0030] В дополнение к измерениям, собираемым из соседних скважин 106 и 110, можно проводить сейсмические исследования для выполнения сейсмического картирования углеводородсодержащего пласта 102. Чтобы провести сейсмические исследования, с помощью сейсмического источника, такого как взрыв динамита или сейсмический ударный источник на шасси грузовика, возбуждают сейсмические волны, которые распространяются в подземные слои, в том числе в углеводородсодержащий пласт 102. Сейсмические волны частично отражаются от подземных горизонтов каждого подземного слоя, на который попадают сейсмические волны. Сейсмические волны, отраженные обратно к внешней стороне грунта, принимают группой сейсмических приемников, таких как геофоны, и регистрируют времена вступления и амплитуды. Набор времен вступления и амплитуд можно назвать массивом сейсмических данных о временах/амплитудах. Модель скорости сейсмических волн, составленную из известных или оцененных свойств скорости сейсмических волн в каждом подземном слое, применяют к массиву сейсмических данных о временах/амплитудах, из которого образуют массив сейсмических данных об амплитудах/глубинах (именуемый в дальнейшем точным «массивом сейсмических данных о глубинах»). Иначе говоря, массив сейсмических данных о глубинах является массивом сейсмических данных, представленных массивом информации об амплитудах/глубинах. Следует понимать, что массив сейсмических данных о временах/амплитудах, модель скорости сейсмических

волн и массив сейсмических данных о глубинах представляют собой отдельные структуры данных. Чтобы лучше определять информацию, относящуюся к скорости сейсмических волн, модель скорости сейсмических волн можно обновлять и можно создавать новый и/или обновленный массив сейсмических данных о глубинах. Как описано в дальнейшем более подробно, из массива сейсмических данных о глубинах получают информацию для геолога, которая облегчает размещение горизонтальных буровых скважин.

[0031] Для целей дальнейшего описания предполагается, что представляющая интерес целевая зона 118 расположена чуть ниже кровли углеводородсодержащего пласта 102, однако целевые зоны необязательно должны быть вблизи кровли углеводородсодержащего пласта. Например, в сланцевых пластах целевая зона может находиться в пласте на любой глубине. После идентификации целевой зоны относительно соседних скважин 106 и 110 образуют одну или несколько «моделированных» поверхностей, также на основании массива сейсмических данных о глубинах. Моделированные поверхности следует понимать как математическое построение, фиктивную линию или поверхность, и они необязательно должны иметь какие-либо истинные физические компоненты.

[0032] В показанном на фигуре 1 случае может быть образована верхняя моделированная поверхность 120, которая представляет предполагаемую кровлю углеводородсодержащего пласта 102. На основании массива сейсмических данных о глубинах можно заранее знать, что падение углеводородсодержащего пласта 102 происходит в направлении от наблюдателя фигуры 1, но, поскольку нет соседней скважины в точке углеводородсодержащего пласта 102, ближайшей к наблюдателю, величина падения не может быть точно известна. По этой причине исходную верхнюю моделированную поверхность 120 (частично ограниченную пунктирными линиями 121 с двумя точками) можно исходно предположить имеющей небольшое падение, но, как показано на фигуре 1, падение не может заведомо соответствовать падению реального пласта 102.

[0033] В некоторых случаях можно образовывать нижнюю моделированную поверхность 122, которая идентифицирует предполагаемую нижнюю границу целевой зоны 118. В показанном на фигуре 1 случае нижняя моделированная поверхность частично ограничена пунктирными линиями 124 с двумя точками. Перед продолжением чтения следует понять, что наличие верхней и нижней моделированных поверхностей является только иллюстративным случаем. Корреляции между измеренной каротажной диаграммой и прогнозной каротажной диаграммой, рассмотренной ниже, могут иметься при наличии одной моделированной поверхности, которая в некоторых случаях может быть верхней моделированной поверхностью или же нижней моделированной поверхностью.

[0034] С учетом моделированных поверхностей 120 и 122 составляют план горизонтальной буровой скважины (предложенная траектория или предложенный путь 125 показан штрихпунктирной линией), при этом предложенный путь горизонтальной буровой скважины находится несколько ниже моделированной поверхности 120 (или в случаях, когда используют две моделированные поверхности, между моделированными поверхностями). В иллюстративном случае из фигуры 1 вследствие неточностей модели скорости сейсмических волн при бурении горизонтальной буровой скважины точно по предложенному пути 125 дистальный конец горизонтальной буровой скважины будет выходить из кровли углеводородсодержащего пласта. Однако, как дополнительно рассмотрено ниже, при бурении горизонтальной буровой скважины относительно

положение в углеводородсодержащем пласте 120 можно определять (на основании информации о маркерах), а направление горизонтальной буровой скважины корректировать с учетом действительного падения пласта.

5 [0035] После завершения планирования предложенного пути 125 начинают бурение горизонтальной буровой скважины по предложенному пути 125, и бурильная колонна, используемая для образования горизонтальной буровой скважины, может иметь один или несколько приборов измерений в процессе бурения (ИПБ) (например, датчиков наклона, направленных датчиков) для облегчения измерения фактического физического размещения относительно моделированных поверхностей 120 и 122. Иначе говоря, при известности глубины по вертикали моделированных поверхностей 120 и 122 в любом конкретном месте и использовании информации, собираемой приборами измерений в процессе бурения, горизонтальную буровую скважину, пробуриваемую по предложенному пути 125, можно довольно точно размещать относительно моделированных поверхностей 120 и 122. Однако физическое размещение на основании известности направления и глубины горизонтальной буровой скважины при бурении горизонтальной буровой скважины не является идеальной технологией и допускаются неточности измерений, отклонение вниз и отклонение вверх. Поэтому в большей части ситуаций следует ожидать некоторого отклонения от предложенного пути 125.

15 [0036] Кроме того, бурильная колонна, используемая для образования горизонтальной буровой скважины по предложенному пути 125, может содержать один или несколько приборов каротажа во время бурения (КВБ), с которых получают одну или несколько измеренных каротажных диаграмм с параметрами пласта, при этом измеренные каротажные диаграммы получают одновременно с бурением. Хотя можно использовать различные каротажные приборы, чтобы коррелировать или сравнивать измеренные каротажные диаграммы с информацией о маркерах, получаемой из соседних скважин, по меньшей мере в одном из каротажных приборов образуется каротажная диаграмма, на которой показана информация о маркерах, или же эта информация может быть получена (например, в приборе каротажа по естественному гамма-излучению). В различные моменты времени после проникновения горизонтальной буровой скважины в углеводородсодержащий пласт измеренную каротажную диаграмму сравнивают с прогнозной каротажной диаграммой (прогнозной каротажной диаграммой, образованной, по меньшей мере частично, в соответствии с информацией о маркерах, измеренной в соседних скважинах). Результат сравнения измеренной каротажной диаграммы с прогнозной каротажной диаграммой используют, чтобы определить, где действительно находится в пласте горизонтальная буровая скважина, и выполнить коррекцию моделированных поверхностей (при необходимости), чтобы выполнить коррекцию модели скорости сейсмических волн (при необходимости) и чтобы выполнить коррекцию направления бурения горизонтальной буровой скважины (при необходимости). Сравнение измеренной каротажной диаграммы с прогнозной каротажной диаграммой можно назвать коррелированием измеренной каротажной диаграммы с прогнозной каротажной диаграммой. Прогнозная каротажная диаграмма и коррелирование будут рассмотрены дополнительно с обращением к фигуре 2.

35 [0037] На фигуре 2 показан пользовательский интерфейс, через который пользователь может взаимодействовать с программой, чтобы выполнять коррелирование измеренной каротажной диаграммы и прогнозной каротажной диаграммы для уточнения положения моделированной поверхности и/или для уточнения модели скорости сейсмических волн. Пользовательский интерфейс может отображаться на дисплейном устройстве компьютерной системы. В частности, иллюстративный пользовательский интерфейс

200 содержит верхнее окно, или верхнюю панель 202 и нижнюю панель 204. Нижняя панель 204 может быть названа окном измеренной и прогнозной каротажных диаграмм, а верхняя панель 202 может быть названа панелью буровой скважины и поверхностей. В области исходной информации иллюстративной верхней панели 202 изображен

5 двумерный разрез сейсмических горизонтов 260 и 262 из массива сейсмических данных о глубинах. В этом примере варианта осуществления показаны только два горизонта, хотя можно отображать любое количество горизонтов и/или сейсмических атрибутов. Кроме того, в верхней панели 202 показан двумерный вид верхней моделированной

10 поверхности 120 и нижней моделированной поверхности 122 (например, вид по линии 2-2 из фигуры 1). То есть на двумерном виде в верхней панели 202 из фигуры 2 верхняя моделированная поверхность 120 и нижняя моделированная поверхность 122 показаны как сегменты линий, чтобы чрезмерно не усложнять фигуру. Кроме того, в

15 иллюстративной верхней панели 202 изображена фактическая траектория горизонтальной буровой скважины 206 (предложенный путь не показан), которая также показана как сегмент линии. Изображены часть сейсмической модели 264 глубин (содержащей горизонты 260 и 262), верхняя моделированная поверхность 120, нижняя

20 моделированная поверхность 122 и траектория горизонтальной буровой скважины 206, при этом по оси абсцисс 208 для иллюстрации представлено расстояние, а по оси 210 ординат представлена глубина (иллюстративная глубина составляет 6000 футов (1829 м) в верхней панели 202 и 6350 футов (1935 м) в нижней панели).

[0038] В примерном случае, показанном в верхней панели 202, горизонтальная буровая скважина 206 проходит сквозь верхнюю моделированную поверхность 120 в точке 212 и также проходит сквозь нижнюю моделированную поверхность 122 в точке 214. При попытке расположить буровую скважину 206 в целевой зоне 118

25 горизонтальная буровая скважина 206 отклонилась вверх. После повторного вхождения горизонтальной буровой скважины 206 в целевую зону 118 между верхней моделированной поверхностью 120 и нижней моделированной поверхностью 122 дистальный конец горизонтальной буровой скважины 206 явно выходит из целевой

30 зоны 118. Места, в которых буровая скважина 206 проходит сквозь моделированную поверхность, можно рассматривать как выделенные точки поверхности. То есть место выделенной точки поверхности представляет собой место, где буровая скважина фактически проходит сквозь физическое место, соответствующее моделированному подземному горизонту. Поэтому глубина моделированной поверхности точно известна на местах выделенных точек поверхности.

[0039] В иллюстративной нижней панели 204 представлены нанесенные на график значения измеренной каротажной диаграммы, а также значения прогнозной каротажной диаграммы, при этом нанесенные на график значения показаны как сегменты линий. Измеренная каротажная диаграмма и прогнозная каротажная диаграмма нанесены на график по оси 208 абсцисс, для иллюстрации являющейся расстоянием, и по оси 218

40 ординат, для иллюстрации являющейся величиной значений каротажных диаграмм. Таким образом, измеренная каротажная диаграмма и прогнозная каротажная диаграмма нанесены на график относительно одних и тех же осей ординат и абсцисс. Измеренная каротажная диаграмма представляет собой ряд значений фактически измеренных или

45 полученных параметров пласта (например, значений, измеренных прибором каротажа во время бурения в горизонтальной буровой скважине 206). Любопытный параметр пласта можно измерять и использовать для измеренной каротажной диаграммы, но в некоторых вариантах осуществления измеряемым параметром может быть естественное гамма-излучение или электрическое удельное сопротивление.

[0040] В противоположность этому прогнозная каротажная диаграмма представляет собой моделированную или синтетическую каротажную диаграмму, образуемую из значений параметра, измеряемого в соседних скважинах 106 и 110, с учетом падения углеводородсодержащего пласта. Если не оговорено иное, каждое значение из прогнозной каротажной диаграммы представляет собой ожидаемое значение, подлежащее измерению в каждом конкретном месте вдоль траектории горизонтальной буровой скважины 206, с учетом глубины буровой скважины 206, находящейся выше или ниже геологической особенности, представленной моделированными поверхностями. Однако, как рассмотрено выше, падение участков моделированных поверхностей между соседними скважинами может не соответствовать фактическому падению углеводородсодержащего пласта 102 вследствие неточностей модели скорости сейсмических волн. Более конкретно, падение моделированных поверхностей может не соответствовать фактическому падению пласта на каждом месте (или глубине) вследствие кумулятивной разности падения по длине планируемой буровой скважины, которая в совокупности «несет» фактическую глубину для более глубоких или более мелких мест по сравнению с поверхностями модели. Когда кумулятивные падения моделированной поверхности точно соответствуют кумулятивным падениям углеводородсодержащего пласта 102, измеренная каротажная диаграмма или прогнозная каротажная диаграмма должны (в теории) полностью совпадать. Неточности измерений и неточности интерполяции (вследствие структурной сложности) могут приводить к тому, данные не будут точно согласованы от точки к точке; однако основные характерные признаки измеренной каротажной диаграммы и прогнозной каротажной диаграммы должны быть по существу согласованы, когда кумулятивные падения моделированных поверхностей точно соответствуют фактическим кумулятивным падениям углеводородсодержащего пласта.

[0041] Имея в виду различные проблемы, касающиеся совпадения измеренной каротажной диаграммы и прогнозной каротажной диаграммы, еще раз обратимся к нижней панели 204 пользовательского интерфейса 200 из фигуры 2. Для целей пояснения на фигуре 2 участки измеренной каротажной диаграммы и прогнозной каротажной диаграммы ранее были коррелированы. В частности, коррелированы участок 230 и участок 232 и поэтому измеренная каротажная диаграмма и прогнозная каротажная диаграмма совпадают в этих областях (совпадение показано сплошной темной линией). Когда измеренная каротажная диаграмма и прогнозная каротажная диаграмма коррелируют, можно создавать фиксированную точку или маркер на одной или обеих моделированных поверхностях. Фиксированная точка представляет место (например, место X, Y, Z в пространстве декартовых координат), где моделированная поверхность предполагается точно соответствующей представляющей интерес геологической границе, и поэтому последующие регулировки относительно моделированной поверхности не влияют на или не изменяют фиксированную точку. В верхней панели 202 показаны три иллюстративные фиксированные точки, фиксированные точки 240, 242 и 244. Однако на участке 234 измеренная каротажная диаграмма 236 (сплошная линия) и прогнозная каротажная диаграмма 238 (пунктирная линия) не совпадают (то есть не коррелируют). Поэтому на участке 234 нет необходимости выполнять коррелирование измеренной каротажной диаграммы 236 и прогнозной каротажной диаграммы 238.

[0042] Коррелирование согласно различным вариантам осуществления включает в себя выбор точки перегиба на прогнозной каротажной диаграмме 238. Выбранной точкой перегиба могут быть максимумы, минимумы или же точка перегиба между набором максимумов и минимумов. Для целей пояснения предположим, что

пользователь (например, геолог) хочет выбрать точку 250 перегиба. Выбор точки перегиба может иметь многочисленные формы. В некоторых вариантах осуществления указательный атрибут 252 (иллюстративно показанный стрелкой) можно перемещать на дисплейном устройстве, чувствительном к указательному устройству (например, к мышши или сенсорному экрану, наложенному на дисплейное устройство). Точку перегиба выбирают на основании положения указательного атрибута 252, помещенного в точку 250 перегиба или вблизи нее, и, возможно, с помощью дополнительного действия (например, щелчка кнопкой мыши). На изображении из фигуры 2 выбранная точка перегиба представляет значение прогнозной каротажной диаграммы на конкретном расстоянии D от верхней моделированной поверхности 120 (корреляция между точкой 250 перегиба, верхней моделированной поверхностью и расстоянием D показана относительно пунктирной линии 254). Когда значение выбранной точки 250 перегиба не соответствует измеренной каротажной диаграмме или не накладывается на нее, это означает, что локальное падение моделированной поверхности (и соответственно, массив сейсмических данных о глубинах) не точно соответствует фактическому падению углеводородсодержащего пласта 102.

[0043] После выбора конкретной точки перегиба можно выполнить коррелирование путем перемещения точки перегиба влево или вправо на экране, то есть путем сдвига горизонтального положения точки перегиба. На высоком уровне пользователь сдвигает точку перегиба до получения соответствия прогнозной каротажной диаграммы 238 и измеренной каротажной диаграммы 236. В описании сначала будут рассмотрены визуальные аспекты сдвига горизонтального положения точки 250 перегиба в нижней панели 204 и затем концептуально рассмотрены изменения моделированных поверхностей и модели скорости сейсмических волн, чувствительные к сдвигу точки 250 перегиба.

[0044] Что касается визуальных аспектов в нижней панели 204, то при сдвиге горизонтального положения точки 250 перегиба соответственно сдвигается прогнозная каротажная диаграмма 238. Рассмотрим, например, участок прогнозной каротажной диаграммы 238 между точкой 250 перегиба и участком, соответствующим фиксированной точке 242. Сдвиг точки 250 перегиба в направлении фиксированной точки 242 приводит к сокращению участка прогнозной каротажной диаграммы 238, при этом нанесенные на график значения прогнозной каротажной диаграммы 238, более близкие к фиксированной точке 242, перемещаются меньше, чем нанесенные на график значения прогнозной каротажной диаграммы 238, близкие к точке перегиба. Аналогичным образом сдвиг точки 250 перегиба на расстояние от фиксированной точки 242 приводит к расширению участка прогнозной каротажной диаграммы 238, хотя все же нанесенные на график значения прогнозной каротажной диаграммы 238, более близкие к фиксированной точке 242, перемещаются меньше, чем нанесенные на график значения прогнозной каротажной диаграммы 238, близкие к точке перегиба. Участок прогнозной каротажной диаграммы между точкой 250 перегиба и фиксированной точкой 244 расширяется и сжимается противоположно этому примеру. В показанном на фигуре 2 случае участок 234 прогнозной каротажной диаграммы 238, который остался некоррелированным, расположен между двумя фиксированными точками (фиксированными точками 242 и 244), и поэтому перемещение точки 250 перегиба приводит к изменениям участка 234 между фиксированными точками 242 и 244, но участки 230 и 232 остаются неизменными.

[0045] В некоторых вариантах осуществления изменения прогнозной каротажной диаграммы, чувствительной к сдвигу точки 250 перегиба, анимируют. То есть дисплейное

устройство, на котором отображают пользовательский интерфейс 200, обновляют со скоростью приблизительно 15 кадров в секунду или больше, чтобы сжатие и/или расширение прогнозной каротажной диаграммы 238, чувствительной к перемещению точки перегиба, казались плавно изменяющимися. В других случаях, особенно в

5 ситуациях, когда частота кадров ограничена или когда ограничена производительность по обработке данных основной компьютерной системы, прогнозная каротажная диаграмма 238 не может быть повторно извлечена до прекращения перемещения точки перегиба или не может быть отменен выбор точек перегиба (то есть оставленных при выполнении операции перетаскивания).

10 [0046] Визуальные аспекты изменений на прогнозной каротажной диаграммы 238, чувствительной к горизонтальному сдвигу точки 250 перегиба, фактически являются следствием изменения падения одной или обеих моделированных поверхностей 120 и 122. Что касается по-прежнему фигуры 2 и особенно верхнего кадра 202, то каждое значение или точка на прогнозной каротажной диаграмме представляет значение,

15 относящееся к расстоянию или глубине D. Когда точка 250 перегиба не накладывается на измеренную каротажную диаграмму 236 или не соответствует ей, такая утрата соответствия означает, что падение моделированной поверхности может не соответствовать падению реального пласта. Поэтому сдвиг точки перегиба можно считать изменением падения моделированной поверхности 120 до достижения

20 совпадения прогнозной каротажной диаграммы 238 с измеренной каротажной диаграммой 236 или до соответствия их. В этих вариантах осуществления расстояние или глубина D остается постоянной, но сдвигается в ответ на сдвиг точки перегиба. Иначе говоря, расстояние между представлением D остается постоянным, но сдвигается в ответ на сдвиг точки перегиба. И в этом случае, если не оговорено иное, расстояние

25 между представлением горизонтальной буровой скважины 206 и моделированной поверхностью (в данном случае верхней моделированной поверхностью 120) на горизонтальном месте точки 250 перегиба остается постоянным, поскольку точка 250 перегиба сдвигается (на нижней панели 204). Следствием сдвига и постоянной глубины D являются изменения падения моделированной поверхности и соответствующие

30 изменения на прогнозной каротажной диаграмме.

[0047] На фигуре 3 показан вид пользовательского интерфейса 200, аналогичного пользовательскому интерфейсу из фигуры 2, но иллюстративно показана точка 250 перегиба, сдвинутая влево от точки перегиба из фигуры 2. Сдвиг точки 250 перегиба влево, но при сохранении глубины D постоянной, приводит к изменениям падения

35 верхней моделированной поверхности 120. В частности, участок 300 моделированной поверхности 120 опускается от фиксированной точки 242 к соответствующему месту точки 250 перегиба (коррелированной с помощью пунктирной линии 254), а падение имеет большую величину, чем падение из фигуры 2. Аналогичное наблюдается для участка 302 верхней моделированной поверхности, при этом участок 302

40 моделированной поверхности 120 опускается от фиксированной точки 244 к соответствующему месту точки 250 перегиба, а падение имеет большую величину, чем падение из фигуры 2. Кроме того, на фигуре 3 показано, что при изменении падения верхней моделированной поверхности 120 изменяются соответствующие участки прогнозной каротажной диаграммы. Участок 304 сокращается по сравнению с

45 соответствующим участком из фигуры 2, тогда как участок 306 расширяется по сравнению с соответствующим участком из фигуры 2. Однако в некоторых случаях прогножную каротажную диаграмму 238 в нижней панели 204 повторно вычисляют при каждой новой корректировке падения, показанной в верхней панели 202, и

повторное вычисление дает расширение или сокращение прогнозной каротажной диаграммы 238.

[0048] На фигуре 4 показан вид пользовательского интерфейса 200, аналогичного пользовательскому интерфейсу из фигуры 2, но иллюстративно показана точка 250 перегиба, сдвинутая вправо от точки перегиба из фигуры 2. В частности, на участке 400 моделированной поверхности 120 падение уменьшается от фиксированной точки 242 к соответствующему месту точки 250 перегиба (коррелированной в соответствии с пунктирной линией 254). Аналогичное наблюдается для участка 402 верхней моделированной поверхности, при этом падение участка 402 моделированной поверхности 120 возрастает от фиксированной точки 244 до соответствующих участков прогнозной каротажной диаграммы 238 в нижней панели 204. Изменения на прогнозной каротажной диаграмме 238, вызванные показанными изменениями падения, делают прогнозируемую каротажную диаграмму 238 и измеренную каротажную диаграмму 236 совпадающими и следовательно, коррелированными. С учетом значительной корреляции пользователь может «отпустить» точку перегиба на сдвинутое место, чтобы тем самым создать новую фиксированную точку 404 на моделированной поверхности 120.

[0049] Перед продолжением обратим внимание на следующее: прежде всего заметим, каким образом показанными фиксированными точками 404 модифицируется моделированная поверхность 120. В частности, по меньшей мере вначале, введение фиксированной точки на моделированную поверхность приводит к изменениям прямой линии между точками, прямой линии, соединяющей фиксированную точку 242 и фиксированную точку 404, и прямой линии, соединяющей фиксированную точку 404 и фиксированную точку 244. Кроме того, по меньшей мере вначале, изменения, реализуемые для моделированной поверхности 120, ограничиваются фиксированными точками, при этом новая фиксированная точка 404 не влияет на моделированную поверхность после (в данном случае, справа от) фиксированной точки 244. Кроме того, заметим, что новая фиксированная точка 404 и соответствующая моделированная поверхность 120 больше не соответствуют горизонту из массива 264 сейсмических данных о глубинах.

[0050] Как рассматривалось ранее, моделированные поверхности 120 и 122 образуют, по меньшей мере частично, с помощью данных из массива 264 сейсмических данных о глубинах (и в частности, горизонтов 260 и 262 в пределах массива 264 сейсмических данных о глубинах). Когда фиксированную точку помещают на моделированную поверхность и она изменяет падение моделированной поверхности, то изменение указывает на неточности в модели скорости сейсмических волн, используемой для образования массива сейсмических данных о глубинах. Поэтому в соответствии с различными вариантами осуществления после помещения фиксированной точки на моделированную поверхность компьютерная система обновляет модель скорости сейсмических волн, повторно вычисляет массив сейсмических данных о глубинах, чтобы соответствующий горизонт в сейсмической модели глубин был скорректирован, а в некоторых случаях повторно вычисляет моделированную поверхность на основании обновленного горизонта или горизонтов. Если не оговорено иное, новую фиксированную точку на моделированной поверхности рассматривают как аналогичную выделенной точке поверхности с точки зрения положения моделированной поверхности (и поэтому фиксированную точку можно назвать выделенной точкой псевдоповерхности). Выделенная точка псевдоповерхности представляет собой пару время/глубина, в которой используется глубина, измеряемая в скважине, и время сейсмического горизонта. На основании выделенной точки псевдоповерхности другие

пары время/глубина в модели скорости сейсмических волн могут быть обновлены и/или дополнительные пары время/глубина добавлены в модель скорости сейсмических волн.

[0051] На фигуре 5 показан вид пользовательского интерфейса 200, аналогичного пользовательскому интерфейсу из фигуры 4, но иллюстративно показан повторно вычисленный массив сейсмических данных о глубинах и повторно вычисленные моделированные поверхности. В частности, для вида на фигуре 5 в компьютерной системе модифицирована по меньшей мере часть модели скорости сейсмических волн на основании выделенной точки псевдоповерхности, повторно вычислен массив сейсмических данных о глубинах на основании модели скорости сейсмических волн и нанесены на график модифицированные горизонты 260 и 262. Обращают внимание наглядный падающий участок 500 на горизонте 260 и соответствующий падающий участок 502 на горизонте 262. Кроме того, для вида на фигуре 5 в компьютерной системе повторно вычислены моделированные поверхности 120 и 122 на основании обновленных горизонтов 260 и 262. В частности, теперь моделированная поверхность 120 более точно соответствует горизонту 260 и кроме того, моделированная поверхность 120 больше не ограничена прямыми линиями между фиксированными точками. То есть теперь моделированная поверхность 120 имеет нелинейные или криволинейные участки 504, соответствующие горизонту 260. Для целей иллюстрации прямолинейные участки моделированной поверхности 120 до повторного вычисления показаны пунктирными линиями.

[0052] Кроме того, на фигуре 5 показано, что при изменениях модели скорости сейсмических волн могут также изменяться участки моделированных поверхностей после фиксированных точек. Например, в зоне 506, находящейся после фиксированной точки 244, обновленный массив сейсмических данных о глубинах можно использовать для повторного вычисления моделированной поверхности 120. Повторно вычисленная моделированная поверхность 120 после фиксированной точки 244 показана сплошной линией, тогда как предыдущая версия моделированной поверхности 120 после фиксированной точки 244 показана пунктирной линией для иллюстрации изменения в этом конкретном примере. Если не оговорено иное, уточнением модели скорости сейсмических волн также обеспечивается информация, относящаяся к моделированным поверхностям после фиксированных точек. При наличии новой информации, относящейся к моделированным поверхностям, направление бурения буровой скважины 206 можно изменять соответствующим образом, в этом показанном случае для поворота, чтобы оно опять находилось между моделированными поверхностями 120 и 122.

[0053] В некоторых вариантах осуществления изменения моделированных поверхностей, чувствительных к сдвигу точки 250 перегиба, анимируют. То есть дисплейное устройство, на котором отображают пользовательский интерфейс 200, обновляют для получения приблизительно 15 кадров в секунду или больше, чтобы изменения моделированных поверхностей, чувствительных к перемещению точки перегиба, казались плавно изменяющимися. В других случаях, особенно в ситуациях, когда частота кадров ограничена или когда ограничена производительность по обработке данных в основной компьютерной системе, моделированные поверхности не могут быть повторно извлечены до прекращения перемещения точки перегиба или не может быть отменен выбор точек перегиба (то есть оставленных при операции перетаскивания).

[0054] Кроме того, в некоторых вариантах осуществления изменения модели скорости сейсмических волн (и следовательно, массива сейсмических данных о глубинах),

чувствительные к расположению фиксированных точек в пределах моделированных поверхностей, выполняют в реальном времени. То есть дисплейное устройство, на котором отображают участок массива сейсмических данных о глубинах, обновляют в реальном времени, когда новую фиксированную точку помещают на моделированную поверхность. Из этого следует, что повторное вычисление моделированной поверхности на основании обновленной модели скорости сейсмических волн происходит в реальном времени, и в некоторых случаях изменения анимируют. В других случаях, особенно в ситуациях, когда размер массива сейсмических данных о глубинах большой и/или когда ограничена производительность по обработке данных в основной компьютерной системе, обновленный массив сейсмических данных о глубинах можно повторно извлекать в более позднее время, например, после расположения нескольких фиксированных точек.

[0055] На фигуре 6 показан способ согласно по меньшей мере некоторым вариантам осуществления, часть которых может быть реализована с помощью машинных команд. В частности, способ начинают (блок 600) и уточняют (блок 602) сейсмическую модель. В некоторых случаях уточнение может содержать коррелирование (604) прогнозной каротажной диаграммы с измеренной каротажной диаграммой. Далее способ может содержать создание (блок 606) места выделенной точки псевдоповерхности; изменение (блок 608) по меньшей мере фрагмента скорости сейсмических волн, используемой в модели скорости сейсмических волн, на основании места выделенной точки псевдоповерхности, и затем повторное вычисление моделированного подземного горизонта на основании модели скорости сейсмических волн, образование (блок 610) модифицированной поверхности. После уточнения сейсмической модели в способе переходят к изменению (блок 612) направления бурения буровой скважины на основании модифицированной поверхности. После этого способ заканчивают (блок 614), возможно, чтобы начать снова.

[0056] На фигуре 7 показана компьютерная система 700 согласно по меньшей мере некоторым вариантам осуществления. Любой вариант осуществления или все варианты осуществления, которые включают в себя использование пользовательского интерфейса или компьютерной системы для выполнения вычислений, могут быть реализованы в компьютерной системе, такой как компьютерная система, показанная на фигуре 7. В частности, компьютерная система 700 содержит основной процессор 710, соединенный с основной матрицей 712 памяти и с различными другими периферийными компонентами компьютерной системы через общий главный мост 714. Основной процессор 710 может быть одноядерным процессором или процессором, реализующим многочисленные процессорные ядра. Кроме того, в компьютерной системе 700 могут быть реализованы многочисленные основные процессоры 710. Основной процессор 710 соединен с главным мостом 714 шиной 716 основного процессора, или главный мост 714 может быть встроен в основной процессор 710. При этом в компьютерной системе 700 могут быть реализованы другие конфигурации шин или шин-мостов в дополнение к показанным на фигуре 7 или вместо них.

[0057] Основная память 712 соединена с главным мостом 714 шиной 718 памяти. Поэтому главный мост 714 содержит блок управления памятью, который управляет транзакциями в основную память 712 путем представления управляющих сигналов для обращений к памяти. В других вариантах осуществления блок управления памятью реализуется непосредственно в основном процессоре 710 и основная память 712 может быть непосредственно соединена с основным процессором 710. Основная память 712 функционирует как рабочая память для основного процессора 710 и содержит

запоминающее устройство или матрицу запоминающих устройств, в которых сохраняются программы, команды и данные. Основная память 712 может содержать запоминающее устройство любого подходящего типа, такое как динамическая оперативная память (DRAM) или динамическая оперативная память любого из различных видов, такая как синхронная динамическая память (SDRAM), динамическая оперативная память с расширенным выводом данных (EDODRAM) или динамическая оперативная память фирмы Rambus (RDRAM). Основная память 712 является примером нетранзиторного, считываемого компьютером носителя, сохраняющего программы и команды, а другими примерами являются дисковый накопитель и флэш-память.

[0058] Кроме того, показанная компьютерная система 700 содержит второй мост 728, который соединяет первичную шину 726 расширения с различными вторичными шинами расширения, такими как шина 730 с небольшим числом контактов (LPC) и шина 732 взаимного соединения периферийных компонентов (PCI). Различные другие вторичные шины расширения могут поддерживаться мостовым устройством 728.

[0059] Концентратор 736 встроенных программ соединен с мостовым устройством 728 шиной 730 с небольшим числом контактов. Концентратор 736 встроенных программ содержит постоянное запоминающее устройство (ROM), которое содержит системные программы, выполняемые основным процессором 710. Системные программы содержат программы, выполняемые сразу после подачи питания во время процедур начального самотестирования (POST), а также код обращения к памяти. Процедуры начального самотестирования и код обращения к памяти выполняют различные функции в компьютерной системе до перехода управления компьютерной системой к операционной системе. Кроме того, компьютерная система 700 содержит сетевую интерфейсную плату (NIC) 738, показанную соединенной с шиной 732 взаимного соединения периферийных компонентов. Сетевая интерфейсная плата 738 выполняет функцию соединения компьютерной системы 700 с сетью связи, такой как Интернет.

[0060] Что касается все еще фигуры 7, то компьютерная система 700 может также содержать суперконтроллер 740 ввода-вывода (I/O), соединенный с мостом 728 шиной 730 с небольшим числом контактов. Суперконтроллер 740 ввода-вывода управляет многими функциями компьютерной системы, например, обеспечивая сопряжение с различными устройствами ввода и вывода, такими как клавиатура 742, указательное устройство 744 (например, мышь), указательное устройство в виде игрового контроллера 746, различные порты последовательного ввода-вывода, накопители на гибких магнитных дисках и дисковый накопитель. Суперконтроллер 740 ввода-вывода часто называют «супером», поскольку он выполняет многочисленные функции ввода-вывода.

[0061] Кроме того, компьютерная система 700 может содержать графический процессор (GPU) 750, соединенный с главным мостом 714 шиной 752, такой как шина взаимного соединения периферийных компонентов типа «экспресс» (PCI-E) или шина усовершенствованной обработки графики (AGP). Другие системы шин, включая системы шин последующих разработок, также могут быть использованы. Кроме того, как вариант графический процессор 750 может быть соединен с первичной шиной 726 расширения или одной из вторичных шин расширения (например, с шиной 732 взаимного соединения периферийных компонентов). Графический процессор 750 соединен с дисплейным устройством 654, представляющим собой любое подходящее электронное дисплейное устройство, на котором может показываться и/или отображаться любое изображение или текст. Графический процессор 750 может содержать встроенный процессор 756, а также встроенную память 758. Соответственно, процессор 756 может выполнять обработку графики в соответствии с командами с основного процессора

710. Кроме того, память 758 может быть значительного объема, порядка нескольких сотен мегабайтов или больше. Поэтому после команды с основного процессора 710 графический процессор 750 может выполнять вычисления в большом объеме, относящиеся к графике, отображаемой на дисплейном устройстве, и в конечном счете  
5 отображать такую графику без дополнительного ввода основным процессором 710 или содействия с его стороны.

[0062] В описании и формуле изобретения некоторые компоненты представлены в виде алгоритмов и/или этапов, выполняемых программным приложением, которое может находиться на нетранзиторном носителе данных (то есть не на несущей волне  
10 или сигнале, распространяющемся по проводнику). Различные варианты осуществления также относятся к системе, предназначенной для выполнения различных этапов и операций, описанных в этой заявке. Эта система может быть специально разработанной системой, такой как электронное устройство, или она может включать один или несколько компьютеров общего применения, которые могут управляться командами  
15 программного обеспечения, чтобы выполнять этапы, описанные в этой заявке. Для выполнения таких функций многочисленные компьютеры могут быть подключены к сети. Команды программного обеспечения могут сохраняться на любом считываемом компьютером носителе данных, таком как, например, магнитные или оптические диски, карты, запоминающее устройство и т.п.

[0063] Следует заметить, что, хотя теоретически возможно выполнение некоторых или всех вычислений, имитаций и/или моделирования человеком при использовании только карандаша и бумаги, затраты времени, необходимые для выполнения человеком таких задач, могут находиться в пределах от человеко-дней до человеко-годов, если не  
20 больше. Поэтому этот абзац должен быть полезным в качестве поддержки любого ограничения формулы изобретения, существующего в настоящее время или добавляемого позднее, формулируемого так, что период времени, необходимый для выполнения любой задачи, описанной в этой заявке, меньше, чем период времени, необходимый для выполнения задачи вручную, меньше, чем половина времени, необходимого для выполнения задачи вручную, и меньше одной четверти времени,  
25 необходимого для выполнения задачи вручную, где «вручную» означает выполнение работы с использованием исключительно карандаша и бумаги.

[0064] Ссылки на «один вариант осуществления», «вариант осуществления», «конкретный вариант осуществления» означают, что конкретный элемент или характеристика включается в по меньшей мере один вариант осуществления изобретения.  
35 Хотя фразы «в одном варианте осуществления», «вариант осуществления» и «конкретный вариант осуществления» можно обнаружить в различных местах, они необязательно относятся к одному и тому же варианту осуществления.

[0065] На основании описания, представленного в этой заявке, специалисты в соответствующей области техники могут без труда сочетать создаваемое программное  
40 обеспечение, такое, как описанное, с соответствующими аппаратными средствами компьютера общего назначения или специального назначения, чтобы создавать компьютерную систему и/или компьютерные субкомпоненты согласно различным вариантам осуществления, чтобы создавать компьютерную систему и/или компьютерные субкомпоненты для осуществления способов из различных вариантов осуществления и/или чтобы создавать считываемые компьютером носители данных, на которых  
45 сохраняется программа из системы программного обеспечения для реализации аспектов способов из различных вариантов осуществления.

[0066] Приведенное выше рассмотрение предназначено для иллюстрации принципов

и различных вариантов осуществления настоящего изобретения. Многочисленные варианты и модификации станут очевидными для специалистов в соответствующей области техники после полного понимания изложенного выше раскрытия. Например, различные варианты осуществления были рассмотрены в части уточнения модели скорости сейсмических волн путем добавления точек псевдоповерхности; однако заявка не ограничена только этим вариантом осуществления. Кроме того, хотя коррелирование было иллюстративно описано применительно к горизонтальной ориентации, коррелирование также можно осуществлять при вертикальной корреляции. Предполагается, что нижеследующая формула изобретения будет интерпретироваться как охватывающая любой или все такие варианты и модификации.

#### Формула изобретения

1. Способ моделирования скорости сейсмических волн, содержащий:
  - уточнение модели скорости сейсмических волн путем:
    - коррелирования прогнозной каротажной диаграммы с измеренной каротажной диаграммой;
    - создания места выделенной точки псевдоповерхности в моделированном подземном горизонте на основании корреляции;
    - модификации по меньшей мере части модели скорости сейсмических волн на основании места выделенной точки псевдоповерхности;
    - повторного вычисления моделированного подземного горизонта на основании модели скорости сейсмических волн и тем самым образования модифицированной поверхности;
    - графического отображения модифицированной поверхности на дисплейном устройстве компьютерной системы.
2. Способ по п. 1, дополнительно содержащий изменение направления бурения буровой скважины на основании модифицированной поверхности.
3. Способ по п. 1, в котором повторное вычисление моделированного подземного горизонта также содержит повторное образование моделированного подземного горизонта на моделированных местах, которые находятся после ранее помещенных мест выделенных точек поверхности и после ранее помещенных мест выделенных точек псевдоповерхности.
4. Способ по п. 1, в котором повторное вычисление моделированного подземного горизонта также содержит образование нелинейного горизонта между местами выделенных точек, при этом по меньшей мере одно место выделенной точки является местом выделенной точки псевдоповерхности.
5. Способ по п. 4, в котором повторное вычисление моделированного подземного горизонта также содержит повторное вычисление в реальном времени нелинейного горизонта с созданием выделенной точки псевдоповерхности.
6. Способ по п. 1, в котором модификация модели сейсмической скорости также содержит модификацию в реальном времени модели сейсмической скорости с созданием выделенной точки псевдоповерхности.
7. Способ по п. 1, в котором коррелирование прогнозной каротажной диаграммы с измеренной каротажной диаграммой содержит:
  - нанесение на график значений измеренной каротажной диаграммы относительно оси ординат и оси абсцисс, нанесение на график в первой панели на дисплейном устройстве;

нанесение на график значений прогнозной каротажной диаграммы относительно оси ординат и оси абсцисс, нанесение на график на дисплейном устройстве;

выбор точки перегиба прогнозной каротажной диаграммы, чувствительной к указательному устройству, соединенному с компьютерной системой;

5 сдвиг горизонтального положения точки перегиба относительно измеренной каротажной диаграммы, чувствительной к указательному устройству.

8. Способ по п. 7, дополнительно содержащий по меньшей мере одно, выбранное из группы, состоящей из отображения модифицированной поверхности во второй панели дисплейного устройства и отображения признака модифицированной модели скорости сейсмических волн во второй панели дисплейного устройства.

9. Способ по п. 7, дополнительно содержащий анимацию в реальном времени отображения модифицированной поверхности при перемещении горизонтального положения точки перегиба.

10. Компьютерная система, содержащая:

15 процессор;

запоминающее устройство, соединенное с процессором;

дисплейное устройство, соединенное с процессором;

в которой запоминающее устройство сохраняет программу, которая при выполнении процессором побуждает процессор к:

20 коррелированию прогнозной каротажной диаграммы с измеренной каротажной диаграммой;

созданию места выделенной точки псевдоповерхности в моделированном подземном горизонте на основании корреляции;

модификации по меньшей мере части модели скорости

25 сейсмических волн на основании места выделенной точки псевдоповерхности; и затем

повторному вычислению моделированного подземного горизонта на основании модели скорости сейсмических волн для образования модифицированной поверхности; и

30 отображению на дисплейном устройстве модифицированной поверхности.

11. Система по п. 10, в которой, когда процессор повторно вычисляет моделированный подземный горизонт, программа также побуждает процессор к повторному образованию моделированного подземного горизонта на моделированных местах, которые находятся после ранее расположенных мест выделенных точек

35 поверхности и после ранее расположенных мест выделенных точек псевдоповерхности.

12. Система по п. 10, в которой программа также побуждает процессор к изменению направления бурения буровой скважины на основании модифицированной поверхности.

13. Система по п. 10, в которой, когда процессор повторно вычисляет моделированный подземный горизонт, программа также побуждает процессор к

40 образованию нелинейного горизонта между местами выделенных точек псевдоповерхности.

14. Система по п. 13, в которой, когда процессор повторно вычисляет моделированный подземный горизонт, программа также побуждает процессор к повторному вычислению в реальном времени нелинейного горизонта с созданием

45 выделенной точки псевдоповерхности.

15. Система по п. 10, в которой, когда процессор модифицирует модель скорости сейсмических волн, программа также побуждает процессор к модификации в реальном времени с созданием выделенной точки псевдоповерхности.

16. Система по п. 10, дополнительно содержащая:

указательное устройство;

в которой, когда процессор коррелирует прогнозную каротажную диаграмму с измеренной каротажной диаграммой, программа также побуждает процессор к:

нанесению на график значений измеренной каротажной диаграммы относительно оси ординат и оси абсцисс, график в первой панели на дисплейном устройстве компьютерной системы;

нанесению на график значений прогнозной каротажной диаграммы относительно оси ординат и оси абсцисс, график на дисплейном устройстве компьютерной системы;

выбору точки перегиба прогнозной каротажной диаграммы, чувствительной к указательному устройству, соединенному с компьютерной системой;

сдвигу горизонтального положения точки перегиба относительно измеренной каротажной диаграммы, чувствительной к указательному устройству.

17. Система по п. 16, в которой программа также побуждает процессор к выполнению по меньшей мере одного из группы, состоящей из отображения модифицированной поверхности во второй панели дисплейного устройства и отображения признака модифицированной модели скорости сейсмических волн во второй панели на дисплейном устройстве.

18. Система по п. 16, в которой программа также побуждает процессор к анимации в реальном времени отображения модифицированной поверхности при перемещении горизонтального положения точки перегиба.

19. Нетранзиторный считываемый компьютером носитель, такой, что при выполнении процессором побуждает процессор к:

коррелированию прогнозной каротажной диаграммы с измеренной каротажной диаграммой; и тем самым к

созданию места выделенной точки псевдоповерхности в моделированном подземном горизонте;

модификации по меньшей мере фрагмента скорости сейсмических волн, используемой в модели скорости сейсмических волн, на основании места выделенной точки

псевдоповерхности; и затем к

повторному вычислению моделированного подземного горизонта на основании модели скорости сейсмических волн и тем самым к образованию модифицированной поверхности.

20. Нетранзиторный считываемый компьютером носитель по п. 19, в котором программа также побуждает процессор к изменению направления бурения буровой скважины на основании

модифицированной поверхности.

21. Нетранзиторный считываемый компьютером носитель по п. 19, в котором, когда процессор повторно вычисляет моделированный подземный горизонт, программа также побуждает процессор к повторному образованию моделированного подземного горизонта на моделированных местах, которые находятся после ранее помещенных мест выделенных точек поверхности и после ранее помещенных мест выделенных точек псевдоповерхности.

22. Нетранзиторный считываемый компьютером носитель по п. 19, в котором, когда процессор повторно вычисляет моделированный подземный горизонт, программа также побуждает процессор к образованию нелинейного горизонта между местами выделенных точек псевдоповерхности.

23. Нетранзиторный считываемый компьютером носитель по п. 22, в котором, когда

процессор повторно вычисляет моделированный подземный горизонт, программа также побуждает процессор к повторному вычислению в реальном времени нелинейного горизонта с созданием выделенной точки псевдоповерхности.

24. Нетранзиторный считываемый компьютером носитель по п. 19, в котором, когда процессор модифицирует модель скорости сейсмических волн, программа также побуждает процессор к модификации в реальном времени с созданием выделенной точки псевдоповерхности.

25. Нетранзиторный считываемый компьютером носитель по п. 19, в котором, когда процессор коррелирует прогнозную каротажную диаграмму с измеренной каротажной диаграммой, программа также побуждает процессор к:

нанесению на график значений измеренной каротажной диаграммы относительно оси ординат и оси абсцисс, график в первой панели дисплейного устройства компьютерной системы;

нанесению на график значений прогнозной каротажной диаграммы относительно оси ординат и оси абсцисс, график на дисплейном устройстве;

выбору точки перегиба прогнозной каротажной диаграммы, чувствительной к указательному устройству;

сдвигу горизонтального положения точки перегиба

относительно измеренной каротажной диаграммы, чувствительной к указательному устройству; и

введению выделенной точки псевдоповерхности в моделированный подземный горизонт.

26. Нетранзиторный считываемый компьютером носитель по п. 25, в котором программа также побуждает процессор к выбору из группы, состоящей из отображения модифицированной поверхности во второй панели дисплейного устройства и отображения признака модифицированной модели скорости сейсмических волн во второй панели на дисплейном устройстве.

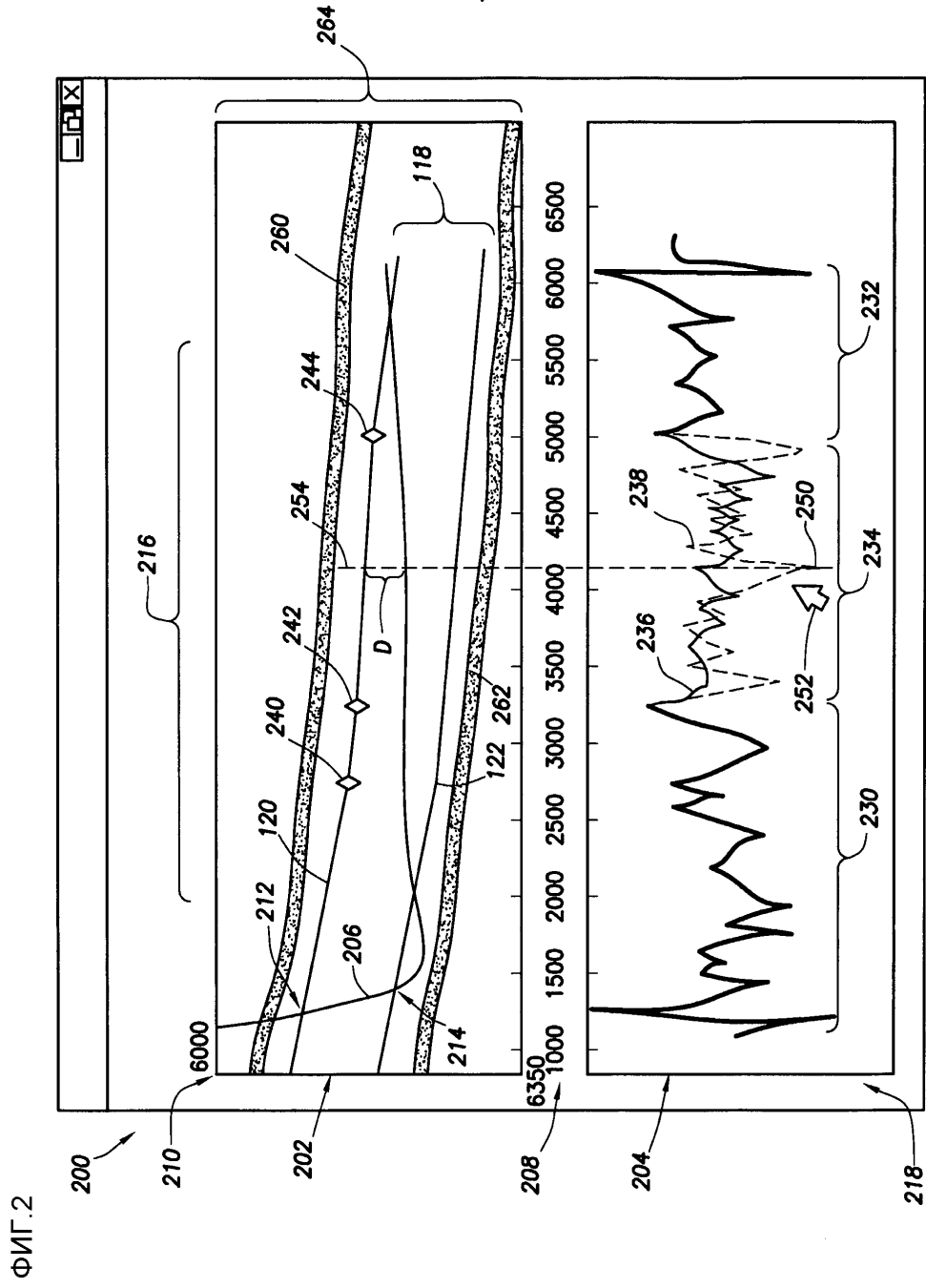
27. Нетранзиторный считываемый компьютером носитель по п. 25, в котором программа также побуждает процессор к анимации в реальном времени отображения модифицированной поверхности при перемещении горизонтального положения точки перегиба.

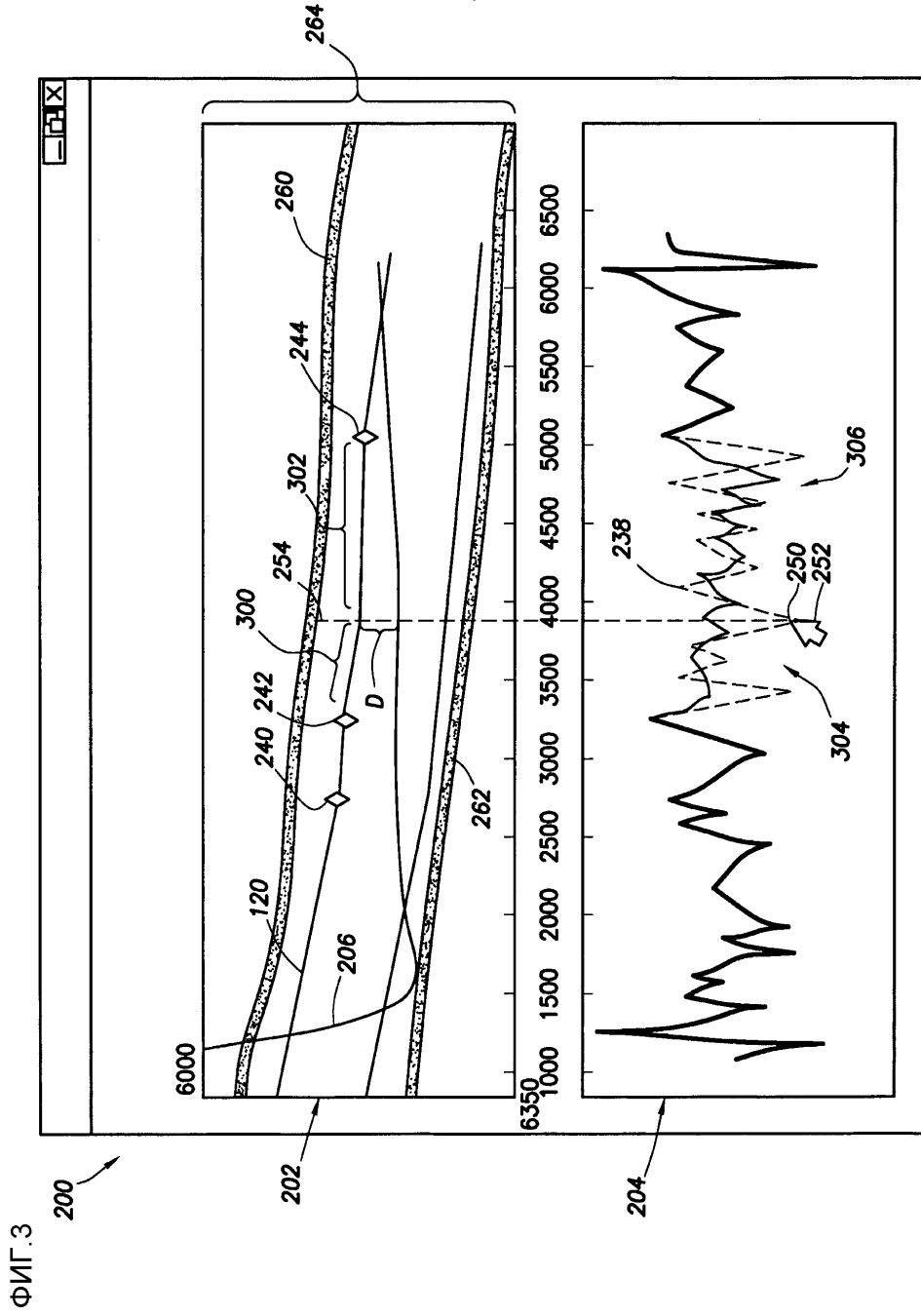
35

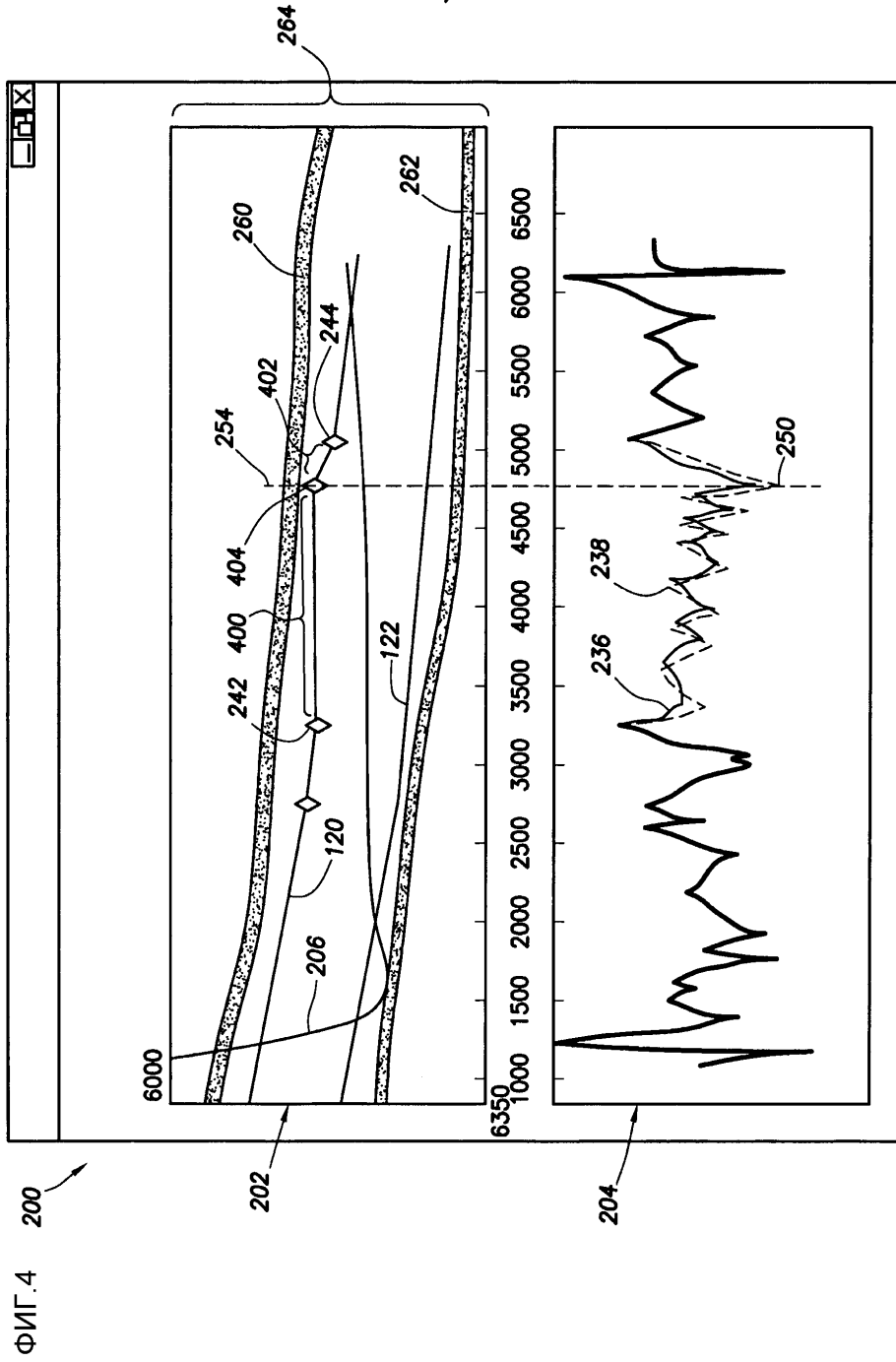
40

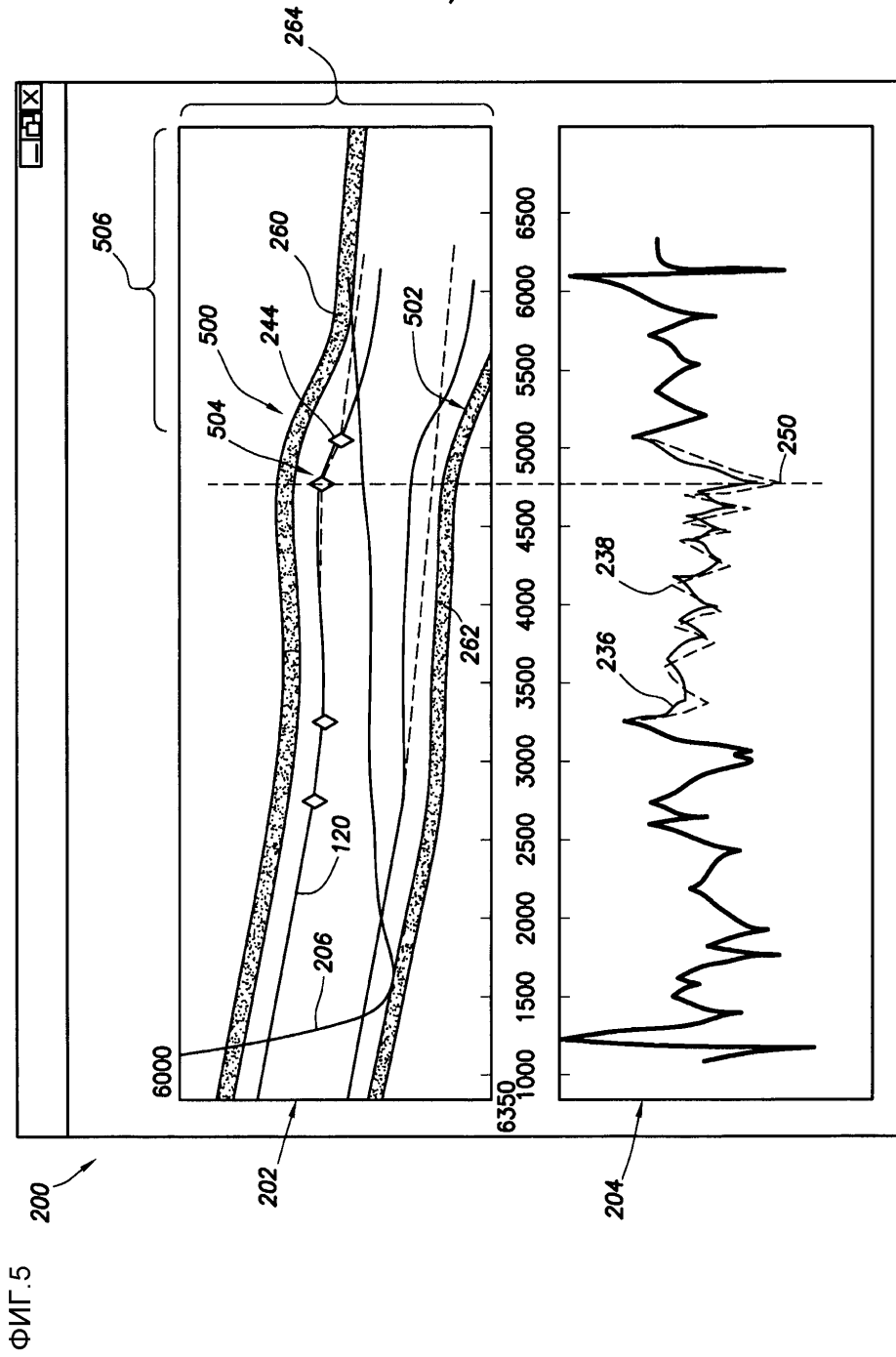
45



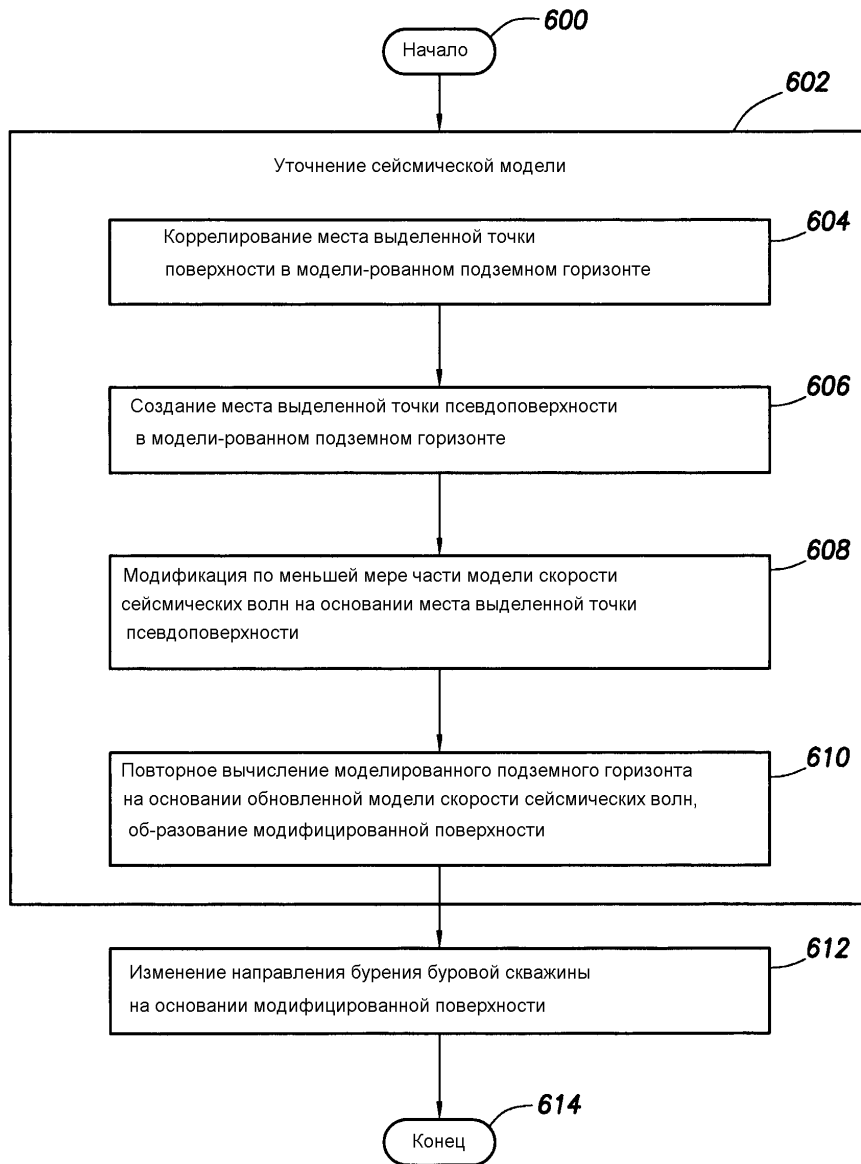




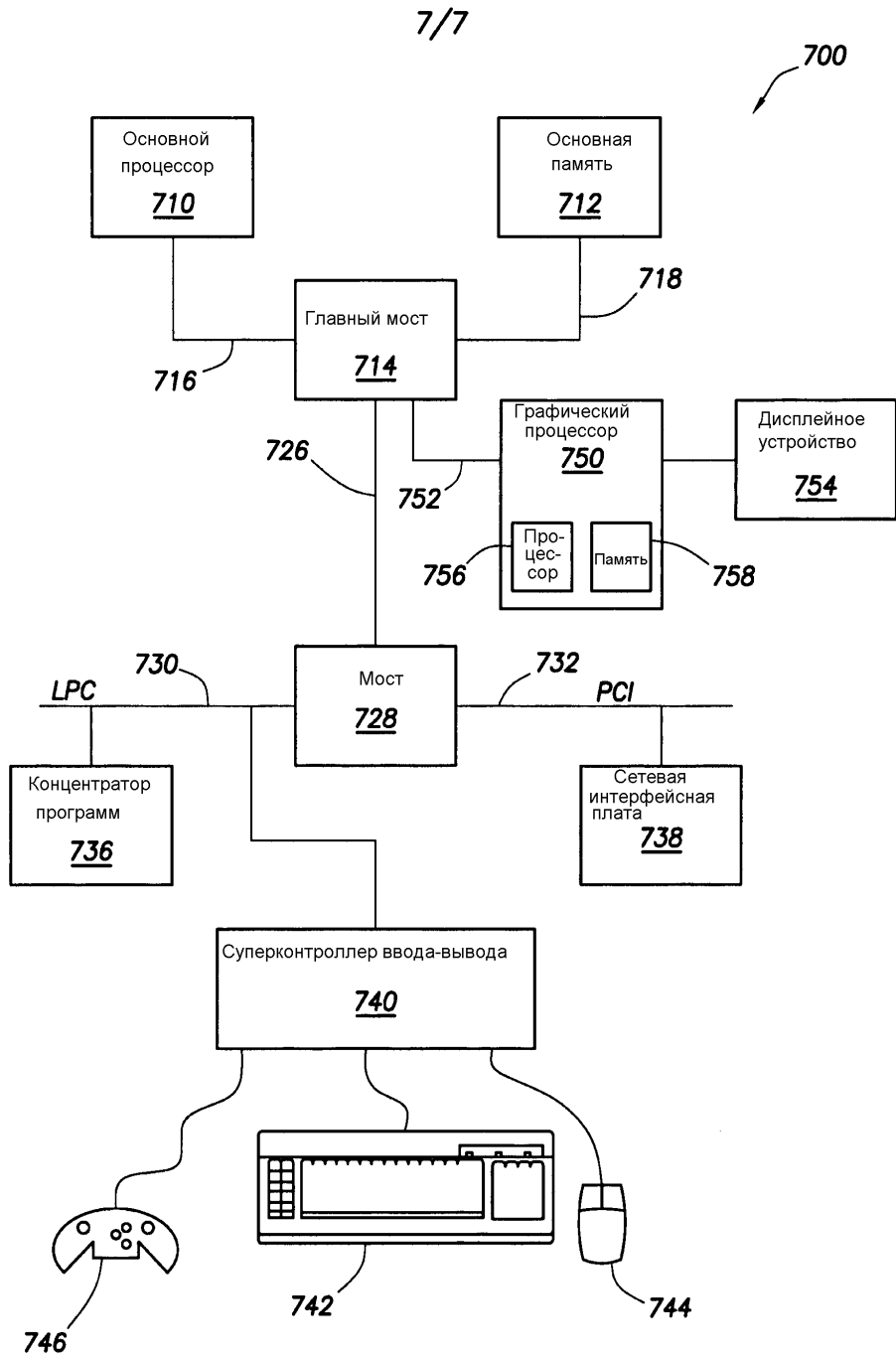




6/7



ФИГ.6



ФИГ. 7