

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **017246**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2012.11.30

(51) Int. Cl. **G06F 19/10** (2011.01)

(21) Номер заявки
200970740

(22) Дата подачи заявки
2008.02.07

(54) **СПОСОБ ОБРАЗОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ КОЛЛЕКТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СИНТЕТИЧЕСКИХ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ КОЛОНОК**

(31) **11/672,925**

(56) **US-B2-7379854**

(32) **2007.02.08**

(33) **US**

(43) **2009.12.30**

(86) **PCT/US2008/053329**

(87) **WO 2008/098134 2008.08.14**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ШЕВРОН Ю. Эс. Эй. ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
Уилкинсон Дэвид А., Се Дэи (US)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Настоящее изобретение охватывает использование геофизических, геологических данных и оценочных данных о пласте для разработки синтетических стратиграфических колонок на основании правил осадконакопления и схем чередования осадочных пород. В настоящем изобретении используются динамическое приписывание и согласование, в соответствии с которыми синтетические колонки могут быть легко согласованы по форме в течение всего процесса определения характеристик коллектора, когда геологические данные становятся доступными.

017246

B1

017246
B1

Уровень техники

Это изобретение относится к трехмерному геологическому моделированию и определению характеристик подземных коллекторов, представляющих интерес.

В ходе исследований подземных углеводородов были разработаны способы оценивания и интерпретации структуры и характеристик подземной геологической среды. Особое значение имеет выявление характеристик пласта, связанных с залежами углеводородов.

В нефтегазодобывающей промышленности имеется возрастающая необходимость определения характеристик коллектора.

Необходимость определения характеристик коллектора большей частью обусловлена экономическими реальностями: если коллекторы можно полнее определить путем использования имеющейся технологии, то конечный результат будет заключаться в более удачном завершении бурения и в меньшем количестве оценочных скважин. Как часть описания характеристик и разработки нефтегазового месторождения часто требуется, чтобы была построена компьютерная модель подземного коллектора. Поскольку точные характеристики подземной геологической среды не могут быть однозначно определены, разработаны многочисленные компьютерные модели, которые представляют собой разнообразные примеры возможных фаций и связанных с ними свойств.

Разработка точных моделей коллектора является ключевой задачей компаний в нефтегазодобывающей промышленности. Надлежащим образом ограниченную модель коллектора можно использовать для количественного оценивания углеводородов в пласте и для оптимизации добычи углеводородов. Оценку коллекторов обычно получают, используя сочетание сейсмических и скважинных данных. Любые из этих данных представляют результаты несовершенных измерений с определенным уровнем погрешности. Способ, которым решают проблему этих погрешностей, влияет на объединение данных двух видов и определяет качество конечной модели коллектора.

Принято получать данные о коллекторе от скважинных каротажных приборов, перемещающихся по существующим скважинам в коллекторе. Такие скважинные данные, получаемые из скважины с помощью скважинных каротажных диаграмм различных видов, представляют собой выборки данных только из небольшой части объема коллектора. Для эффективного оценивания коллектора необходимы сведения о действительной формации (литологии или литофации) и содержащихся флюидах, а также об относительном присутствии или объеме порового пространства (или его пористости). То, что коллектор имеет определенные литофации и пористость, полностью не гарантирует, что другие участки коллектора имеют такие же характеристики. Поэтому геологические модели литофаций и пористости, которые основаны только на скважинных данных, содержат большие области, которые не основаны на действительных выборочных данных; точнее необходимо оценивать данные из ближайших существующих скважин.

Трехмерные сейсмические исследования обеспечивают выборки данных на протяжении большей части объема коллектора, включая участки, не охватываемые скважинами, но наилучшие сейсмические данные могут обеспечить только косвенные замеры литофаций и пористости. Существующей технологией проведения сейсмических исследований не предлагаются способы непосредственного измерения или определения этих характеристик формаций.

Геологическое моделирование подземной геологической среды выполняют в течение многих лет геологи, геофизики, инженеры и гидрологи. Многочисленные описательные или статические трехмерные геологические модели, созданные для применения в горном деле или нефтепромышленности, имеют вид точно определенной трехмерной матрицы из отдельных модельных единиц или блоков (также называемых ячейками). В одном конкретном способе из предшествующего уровня техники, используемом для построения моделей свойств коллектора, осуществляют инверсию импеданса. В этом способе из предшествующего уровня техники сейсмические данные обращают непосредственно, используя разреженное ограничение для значений акустического импеданса. Одной из проблем в этом способе является необходимость осуществления компенсации для низкочастотной модели вследствие того, что сейсмические данные являются ограниченными по полосе частот и поэтому не содержат низких частот. Низкочастотную модель обычно образуют на основании скважинных данных в сочетании с интерпретацией сейсмических данных. Одна проблема заключается в том, что низкочастотная модель может быть неадекватной, когда имеются ограниченные скважинные данные. Дальнейшая проблема заключается в том, что сейсмические данные к тому же содержат высокие частоты, и в случае описанного выше способа разреженная модель отражающей среды, в которой делается попытка компенсировать недостаток высоких частот, может быть несогласованной с действительными геологическими условиями, в соответствии с которыми выполняют инверсию. Это приводит к плохим оценкам отсутствующих высокочастотных составляющих. Кроме того, поскольку этот процесс обычно выполняют от трассы к трассе, то не пытаются осуществить согласование с действительными пространственными статистическими данными, которые являются согласованными с действительными скважинными данными.

В попытке включить пространственные статистические данные в способ инверсии импеданса были разработаны стохастические способы инверсии. В эти способы включены пространственные статистические данные в виде пространственных вариограмм, получаемых на основании имеющихся скважинных данных. Исходную модель образуют путем интерполяции реальных скважинных данных, используя про-

пространственные вариограммы и любую интерпретацию существующих сейсмических данных. Затем эту модель итерационно обновляют до тех пор, пока не будет достигнуто достаточное согласование между исследуемыми сейсмическими данными и обновленной моделью, которое удовлетворяет требуемым пространственным ограничениям. Основные недостатки этого способа заключаются в проблемах, связанных с ситуацией редко расположенных скважин, когда пространственная вариограмма плохо определяется, и трудно получать хорошее согласование с сейсмическими данными, когда исходная модель является плохо определенной.

В обоих описанных выше способах пренебрегают преимуществом, предоставляемым использованием предшествующих сведений о возможной стратиграфической слоистости осадков на протяжении участка, представляющего интерес. Один способ, который ориентирован на эту проблему, разработан dGB Earth Sciences. Для сбора данных о детерминированном характере условий осадконакопления вместе с вероятностными распределениями литологических и упругих свойств в этом способе используют концепцию предназначенных для решения геологических задач псевдо- или синтетических скважин. В статье de Groot P., Bril A., Florist F. and Campbell A., Monte Carlo simulation of wells, *Geophysics*, vol. 61, № 3 (May-June 1996), pp. 631-638, описан способ, в котором одномерные стратиграфические профили псевдоскважин вместе с приданными физическими свойствами, но без информации о пространственных параметрах, моделируют, используя сочетание геологических сведений и статистических методов Монте-Карло. В статье рассмотрены преимущества описанного способа, которые заключаются в возможности следования алгоритму при использовании правил, основанных на геологических умозаключениях, и в том, что могут быть включены жесткие ограничения для стохастических переменных.

Хотя способ, описанный de Groot и Bril, является шагом в правильном направлении, имеется необходимость в усовершенствованном способе, который более точно подчиняется ограничениям действительной геологии осадконакопления, в котором имеется возможность использования динамических псевдоскважин и который обладает расширенными функциональными возможностями.

Сущность изобретения

В настоящем изобретении исключены описанные выше и другие недостатки из предшествующего уровня техники путем создания нового и усовершенствованного способа оценивания свойств пласта в разведочном и промышленном масштабах. Усовершенствованный способ включает в себя использование геофизических, геологических данных и оценочных данных о пласте для разработки маркированных синтетических стратиграфических колонок на основе правил осадконакопления, схем чередования осадочных пород и физики пород.

Настоящее изобретение позволяет получать улучшенные оценки крупномасштабных свойств, таких как коэффициент песчаности, и детализированных свойств, таких как упругие свойства с высоким разрешением (например, скорость, плотность), и свойств коллектора (например, пористость, проницаемость, неопределенность тектонической пробки). В свойствах коллектора, оцененных в соответствии с настоящим изобретением, учитываются геологические, стратиграфические и геофизические ограничения. Настоящим изобретением предоставляется возможность начальной оценки разведки, а также детального проектирования скважины и построения модели.

Используемый в настоящей заявке термин "геологический" охватывает геологическое, геофизическое оценивание пласта и стратиграфических данных.

Настоящее изобретение включает в себя способ моделирования синтетической стратиграфической колонки для модели коллектора. Способ включает в себя динамическое назначение множества маркированных стратиграфических подразделений синтетической стратиграфической колонке на основании заранее выбранных геологических схем. Способ также включает в себя динамическое назначение упругих геологических свойств каждому из стратиграфических подразделений в синтетической стратиграфической колонке. Способ также включает в себя взятие выборок из синтетической стратиграфической колонки для получения каротажной диаграммы упругих свойств и преобразования каротажной диаграммы упругих свойств в синтетическую сейсмограмму. Способ включает в себя динамическое согласование синтетической сейсмограммы с соответствующей сейсмограммой в наборе реальных сейсмограмм для получения координат синтетической стратиграфической колонки в рамках модели коллектора.

Способ, используемый в настоящем изобретении, позволяет осуществлять ограничение синтетических стратиграфических колонок осадочными структурами, слоями и слоистостью различных типов, которые определяются геологическими правилами осадконакопления и схемами чередования слоев осадочных пород. Настоящее изобретение также позволяет осуществлять назначение упругих геологических свойств стратиграфическим подразделениям в стратиграфических колонках на основании реальных скважинных статистических данных, фирменных баз данных со свойствами пород и связанных с ними стратиграфических схем.

В настоящем изобретении используют динамическое назначение и согласование, в результате чего маркированные синтетические колонки можно легко согласовать с помощью процесса резервирования характеристик, когда геологические данные становятся доступными. В рамках части процесса согласования настоящее изобретение позволяет динамически обновлять получаемые моделированием скважинные каротажные диаграммы для согласования с интерпретированными сейсмическими поверхностями. После

учета вертикальных ограничений могут быть рассмотрены возможные горизонтальные ограничения.

Настоящим изобретением обеспечивается возможность образования объемов трехмерного коллектора путем осуществления выбора из имеющихся одномерных маркированных синтетических стратиграфических колонок в каждом пространственном месте объема трехмерного коллектора. Способ, которым этот выбор осуществляют, может быть детерминированным по природе или находиться под влиянием геостатистических ограничений, таких как многоточечные статистические ограничения, и вариограмм или других пространственных ограничений, таких как моделирование распределения фаций.

Настоящее изобретение позволяет оценивать скорости (V_p и V_s) сейсмических продольных (P) и поперечных (S) волн на основании литологии, плотности и реальных сейсмических данных при конечных удалениях. Настоящее изобретение также позволяет оценивать пористость на основании V_p , V_s и плотности для любых литофаций путем использования байесовского подхода. Настоящее изобретение также позволяет осуществлять преобразование упругих геологических свойств (например, V_p , V_s , плотности и пористости) в свойства коллектора (например, проницаемость) с помощью процесса, основанного на генетическом программировании и нечетких нейронных сетях.

Настоящим изобретением предоставляется усовершенствованный способ оценивания свойств коллектора. В одном осуществлении настоящего изобретения используют идентифицированные или точные стратиграфические схемы осадконакопления (например, колоколообразной формы с утонением кверху) для назначения распределения литологии в пределах стратиграфических подразделений. В другом осуществлении настоящего изобретения используют упругие свойства для каждого стратиграфического подразделения, которые могут быть присвоены на основании известных стратиграфических схем. С помощью настоящего изобретения делается возможным использование крупномасштабных фазовых диаграмм осадконакопления (например, в соответствии со способом Adjustment, Initiation, Growth and Retreat (установка склона, инициирование, рост и отступление) от Colorado School of Mines, выраженным в виде вложенных гистограмм) для построения псевдоскважин, по существу, в свободных от данных условиях.

В еще одном осуществлении настоящего изобретения карту-схему (образуемую на основании интерпретаций сейсмических данных или заданных геологических концепций) используют для динамического согласования характеристик псевдоскважин с конкретными местами. Например, если при координатах x , y имеются подземные русла A, B, C, то настоящее изобретение позволяет представлять эти канализированные объекты для псевдоскважин с этими координатами.

В еще одном осуществлении настоящим изобретением предоставляется возможность использования динамического растяжения и сжатия псевдоскважин в соответствии с уже существующими параметрами маркер и горизонт скважины.

В дальнейшем осуществлении настоящего изобретения, когда многочисленные псевдоскважины можно образовать для конкретного места, особые критерии применяют для выбора псевдоскважины, используя пространственные ограничения, получаемые на основании трехмерных многоточечных статистических обучающих изображений или по низкочастотным оценкам коэффициента песчаности.

В дальнейшем осуществлении настоящего изобретения, когда многочисленные псевдоскважины можно образовать для конкретного места, особые критерии применяют для выбора псевдоскважины, используя конкретные детерминированные ограничения, приводящие к комбинаторному подходу, основанному на оптимизации генетического алгоритма.

Настоящее изобретение также позволяет оценивать коэффициент песчаности путем группировки по общему признаку низкочастотных сейсмических данных, формируемых на основании псевдостратиграфических колонок, и сравнения синтетических сейсмических данных с реальными сейсмическими данными.

Должно быть понятно, что настоящее изобретение предполагается использовать с системой, которая в основном включает в себя электронную конфигурацию, включающую в себя по меньшей мере один процессор, по меньшей мере одно запоминающее устройство для запоминания программы или других данных, видеомонитор или другое дисплейное устройство (например, жидкокристаллический дисплей) и по меньшей мере одно устройство ввода. Предпочтительно, чтобы процессор был микропроцессором или системой на основе микроконтроллера, которая способна воспроизводить изображения и осуществлять обработку по сложным математическим алгоритмам. Запоминающее устройство может включать в себя оперативную память для запоминания результата или других данных, образуемых или используемых во время конкретного процесса, связанного с настоящим изобретением. Запоминающее устройство может также включать в себя постоянное запоминающее устройство для запоминания программы для управления и осуществления процессов настоящего изобретения.

Дополнительные признаки и преимущества настоящего изобретения описываются в нижеследующем подробном описании изобретения и на чертежах и станут очевидными из них.

Краткое описание чертежей

Эти и другие объекты, признаки и преимущества настоящего изобретения станут более понятными при рассмотрении нижеследующего описания, заявляемой формулы изобретения и сопровождающих чертежей, на которых

фиг. 1 - блок-схема последовательности действий одного осуществления настоящего изобретения;

- фиг. 2 - блок-схема последовательности действий одного осуществления настоящего изобретения;
- фиг. 3 - иллюстрация примера глубоководной иерархии строения, используемой в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 4 - вид сбоку примера стратиграфического объема;
- фиг. 5 - вид сверху примера карты-схемы, иллюстрирующей интерпретированный подземный коллектор, включающий в себя набор геологических комплексов;
- фиг. 6 - вид сбоку набора комплексов интерпретированного подземного коллектора из фиг. 5, при этом коллектор дополнительно включает в себя одну скважину;
- фиг. 7 - изображение скважинной каротажной диаграммы из набора геологических комплексов интерпретированного подземного коллектора, показанного на фиг. 5 и 6;
- фиг. 8 - иллюстрация осуществления стратиграфического объема, используемого в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 9 - иллюстрация примера распределения мощностей подразделения и литологических уровней;
- фиг. 10 - иллюстрация примера интерпретированной стратиграфической колонки, отражающего последовательные тенденции развития осадконакопления и связанного с ним распределения мощности, которая используется в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 11 - иллюстрация части псевдостратиграфической колонки и примеров возможных геологических свойств, которые могут быть назначены подразделениям колонки, используемой в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 12А и 12В - иллюстрации примеров тенденций ограниченных свойств, полученных в соответствии с осуществлением настоящего изобретения для заданного геологического подразделения;
- фиг. 13А и 13В - иллюстрации примеров корреляционных кросс-плотов для геологических свойств на основании реальных скважинных каротажных данных и псевдоскважинных данных, используемых в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 14 - иллюстрация примеров корреляционных кросс-плотов наложенных корреляционных ограничений между геологическими свойствами из псевдокаротажных диаграмм для каждого конкретного литологического подразделения;
- фиг. 15 - иллюстрация примеров конечных псевдокаротажных диаграмм, формируемых в соответствии с настоящим изобретением;
- фиг. 16 - блок-схема последовательности действий одного осуществления настоящего изобретения;
- фиг. 17 - иллюстрация примера интерпретированных сейсмических горизонтов, выделяющих границы русел;
- фиг. 18 - вид сбоку интерпретированных корреляционных связей слоев из комплекса русел, показанных на фиг. 17;
- фиг. 19 - иллюстрация вида на карте каждой из систем русел, показанных на фиг. 17;
- фиг. 20 - иллюстрация карты-схемы геологического тела из систем русел, показанных на фиг. 17;
- фиг. 21 - иллюстрация примера множества синтетических колонок, имеющих вертикальное сочетание русел, которые образованы в соответствии с одним осуществлением настоящего изобретения;
- фиг. 22 - иллюстрация динамического растяжения и сжатия для вертикального согласования пар горизонт-маркер в одном осуществлении настоящего изобретения;
- фиг. 23 - иллюстрация примера пар горизонт-маркер, используемых в соответствии с одним осуществлением настоящего изобретения.

Подробное описание изобретения

Хотя в этом изобретении допускаются осуществления во многих различных формах, на чертежах показаны и в настоящей заявке будут подробно описаны предпочтительные осуществления изобретения, при этом подразумевается, что настоящее раскрытие будет рассматриваться как иллюстрация принципов изобретения, и не предполагается ограничение широкого аспекта изобретения показанными осуществлениями.

Настоящее изобретение представляет собой усовершенствованный способ оценивания свойств и характеристик подземных коллекторов с использованием геологических ограничений. Усовершенствованный способ включает в себя использование детерминированных и вероятностных ограничений. В способе используют стратиграфический объем, которым предоставляются законченная система маркировки для каждой псевдоскважины, исчерпывающие стратиграфические правила и ограничения на основании интерпретации геологических данных и реалистических правил распределения свойств.

Псевдоскважины, образованные усовершенствованным способом, можно использовать в ряде областей применения. Например, псевдоскважины можно использовать при оценивании коэффициента песчаности коллектора и высокоразрешающей сейсмической инверсии. Псевдоскважины также можно использовать в качестве непосредственного источника в вероятностном методе исследования зависимости амплитуды отражения от удаления.

Настоящим изобретением предоставляются полностью маркированные, имеющие геологическое значение псевдоскважины. Даже в случае, когда имеются разреженные реальные скважинные данные, все же есть большое количество информации об условиях осадконакопления и относительно того, какой

возможный диапазон стратиграфических строений может встречаться в подземных средах. В настоящем изобретении внутренние маркеры и строение коллектора, если оно известно, используют для образования псевдоскважин, при этом внутреннее строение и схемы чередования слоев основаны на реальных скважинах. В отсутствие подробных сведений о внутреннем строении в настоящем изобретении для образования псевдоскважин создают возможные схемы чередования слоев в псевдоскважинах, отношений мощности песчаников к мощности глинистых сланцев, толщин слоев и т.д. путем использования информации из более крупномасштабной геологической среды и типичных элементов осадконакопления в этой среде. Кроме того, настоящее изобретение охватывает любые реальные скважинные данные, которые существуют.

На фиг. 1 показана последовательность действий одного осуществления настоящего изобретения. Настоящее изобретение включает в себя динамическое назначение 2 множества стратиграфических подразделений стратиграфической колонке на основании заранее выбранных геологических схем 4. Стратиграфическое подразделение является одномерным с только вертикальным размером. В отличие от статического назначения стратиграфического подразделения, когда задают вертикальный размер, настоящее изобретение включает в себя динамическое назначение 2 стратиграфических подразделений к стратиграфической колонке. Динамическое назначение позволяет растягивать и сжимать по вертикали стратиграфические подразделения в конкретной колонке до соответствия действительной вертикальной геологической схеме, представляющей интерес.

Настоящее изобретение также включает в себя динамическое назначение 6 упругих геологических свойств каждому из стратиграфических подразделений. Упругие геологические свойства основаны на реальных скважинных статистических данных, базах данных со свойствами пород и связанных с ними стратиграфических схемах 8. Упругие геологические свойства динамически назначение стратиграфическим подразделениям так, что свойства могут быть скорректированы в зависимости от геологической среды, которую характеризуют. Настоящее изобретение также включает в себя взятие 10 выборок из синтетической стратиграфической колонки для получения каротажной диаграммы упругих свойств и преобразование 12 каротажной диаграммы упругих свойств в синтетическую сейсмограмму. Настоящее изобретение включает в себя динамическое растяжение и сжатие синтетической сейсмограммы до согласования с соответствующей сейсмограммой в наборе реальных сейсмограмм. После динамического согласования 14 синтетической сейсмограммы с соответствующей реальной сейсмограммой следующим шагом соответствующие геологические свойства модифицированной синтетической сейсмограммы могут быть связаны с соответствующим основным набором псевдокаротажных диаграмм. Этот процесс динамического согласования синтетических сейсмограмм с реальными сейсмическими данными используют для установления 14 координат синтетических стратиграфических колонок в рамках модели коллектора.

Должно быть понятно, что вследствие неоднозначности сейсмограммы в настоящем изобретении можно формировать несколько согласующих синтетических сейсмограмм, которые согласуются с конкретной реальной сейсмограммой. Поэтому в настоящем изобретении должна иметься возможность образования нескольких моделей коллектора, которые имеют отличающиеся характеристики геологической среды. Однако каждая из моделей коллектора, образуемых в соответствии с настоящим изобретением, должна удовлетворять всем имеющимся стратиграфическим, геологическим и сейсмическим ограничениям, и, следовательно, в этих моделях будут более качественные оценки свойств подземного коллектора и характеристик геологической среды, чем в способах из предшествующего уровня техники.

На фиг. 2 показано одно осуществление настоящего изобретения, в котором первый этап представляет собой идентификацию типов псевдоскважинных каротажных диаграмм, которые должны формироваться. Например, какие типы литологических свойств, пористость, V_s , V_p и т.д. потребуются 16 для получения характеристики конкретной модели коллектора. После определения 16 каротажных диаграмм литологических свойств, которые должны формироваться, осуществляют построение 18 геологически улучшенного иерархического стратиграфического объема. Затем определяют 20 таблицу литологических показателей измельчения, описывающую относительные текстуры (более мелкую или более крупную) между каждым применяемым литологическим компонентом. Следующий этап в этом осуществлении настоящего изобретения представляет собой загрузку 22 реальных скважинных данных, если они имеются, в стратиграфический объем. Затем составляют 24 стратиграфические правила, и эти стратиграфические правила подлежат использованию при построении синтетических стратиграфических колонок. После составления стратиграфических правил определяют 26 правил литологических свойств вместе с ограничениями и образуют 28 псевдоскважины.

В настоящем изобретении построение 18 иерархического стратиграфического объема осуществляют, используя информацию об условиях осадконакопления и диапазоне стратиграфических строений, которые могут встречаться в конкретных подземных средах. Например, если коллектор, характеристика которого подлежит определению, является глубоководным подземным коллектором, то оценивают различные типы стратиграфического строения, возможные в случае глубоководной иерархии строения. На фиг. 3 представлен пример глубоководной иерархии строения. Имеются три шкалы или уровня зернистости, показанные на фиг. 3, разведочная шкала 30, шкала 32 оконтуривания коллектора и шкала 34 моде-

лирования фаций. Обычно разведочная шкала включает в себя "системы", которые представляют собой упаковки осадконакопления между главными стратиграфическими поверхностями. Системы, включенные в этот пример, содержат систему 36 подводных каньонов, систему 38 подошв откоса с конусами выноса, систему 40 склоновых долин, запруженную систему 42, систему 44 русел с намывными валами, систему 46 слабо ограниченных русел, систему 48 слабо ограниченных покровов и систему 50 не ограниченных покровов. При перемещении от разведочной шкалы 30 к более детализированной шкале оконтуривания коллектора система может включать в себя одно или несколько сочетаний из элементов, комплексов и/или наборов комплексов.

"Элемент" представляет собой объем осадка, отложенного в пределах одного цикла осадконакопления до образования и авульсии (или отмирания). Элементы могут считаться элементарными подразделениями строения. На фиг. 3 представлены примеры элементов, обнаруживаемых в глубоководной иерархии строения. Эти элементы включают в себя русловый элемент 66, покровный элемент 68, намывной/пойменный элемент 70, бассейновый и склоновый аргиллит 72, инъецированный песок 74 и элемент 76 массового потока. "Комплекс" представляет собой столб из двух или большего количества аналогичных по строению элементов с аналогичными схемами чередования слоев или генетическими связями. Примеры комплексов в глубоководной иерархии строения включают в себя систему 54 русловых намывных комплексов, бассейновый и склоновый аргиллит 56, комплекс 58 массовых потоков, комплекс 60 (не связанный геометрией) канализированных покровов, комплекс 62 объединенных русел и комплекс 64 многослойных покровов. Редко, когда система включает несколько элементов, которые не образуют комплекс. "Набор комплексов" представляет собой столб из двух или большего количества связанных комплексов или элементов. Стиль строения отдельных комплексов может быть одинаковым или отличающимся. Примером набора комплексов является набор 52 русловых намывных комплексов.

В глубоководной иерархии строения, когда шкала или зернистость перемещается от шкалы оконтуривания коллектора к более детализированному уровню шкалы 34 моделирования фаций, существуют "субэлементы", которые включают в себя литофации или ассоциации фаций в элементах. В примере, показанном на фиг. 3, субэлементы включают в себя русловые осевые фации 78, русловые окраинные фации 80, фации 82 отмершего русла, фации 84 обходного русла, фации 86 объединенных покровов, фации 88 многослойных покровов, фации 90 хаотического аргиллита и фации 92 пластинчатого глинистого сланца.

На фиг. 4 показаны зависимости наборов комплексов, комплексов и элементов от вертикальной перспективы в подземной среде. Показан элемент 94, состоящий из шести ярусов 96. "Ярус" представляет собой объем осадка в русле, которое разделено поверхностями промоин. По мере увеличения шкалы этой конкретной геологии показывается комплекс 98, и этот конкретный пример комплекса 98 включает в себя четыре элемента 94. Каждый из этих элементов 94 содержит различное число ярусов. Кроме того, для дополнительной иллюстрации стратиграфического объема на фиг. 4 показан набор 104 геологических комплексов. Имеются три комплекса 98, 100, 102, показанных в этом наборе 104 комплексов.

При построении стратиграфического объема в настоящем изобретении используют существующие интерпретации имеющихся сейсмических данных. Интерпретацией сейсмических данных обеспечивается геологическая информация на разведочной шкале 30 и шкале 32 оконтуривания коллектора, и в некоторой степени на шкале 34 моделирования фаций. Поэтому карту-схему, образуемую на основании интерпретации имеющихся сейсмических данных, используют для ограничения типов систем, наборов комплексов, комплексов, элементов и субэлементов, которые могут существовать в любом конкретном месте в подземной среде, представляющей интерес.

На фиг. 5 изображен пример карты-схемы 106, при этом на виде сверху показано некоторое количество русловых элементов 108. Каждый из этих канализированных элементов 108 уложен по вертикали поверх каждого другого, и эти элементы 108 образуют множество геологических комплексов, которые должны представлять интерес как потенциальные коллекторы углеводородов.

На фиг. 6 показан вид сбоку канализированных элементов 108, которые были сформированы на основании интерпретации имеющихся сейсмических данных. Скважина 110 пробурена через коллектор 108 и проходит через три геологических комплекса 112, 114, 116. Первый комплекс 112, вскрытый скважиной 110, представляет собой комплекс объединенных русел. Второй комплекс 114, вскрытый скважиной 110, представляет собой комплекс необъединенных русел. Третий комплекс 116, вскрытый скважиной 110, представляет собой комплекс агградирующих по вертикали русел. Должно быть понятно, что этим представлен один пример интерпретации имеющихся сейсмических и скважинных каротажных данных и что могут быть другие возможные интерпретации сейсмических данных и скважинных каротажных данных.

Как описано выше, скважинные каротажные данные также являются источником информации для настоящего изобретения. Эти данные используют для улучшения понимания подземной геологии и ограничения стратиграфического объема. На фиг. 7 показан пример скважинных каротажных данных, иллюстрирующий часть данных, представляющую те данные, которые были интерпретированы, чтобы получить набор 118 комплексов, представляющих несколько расположенных друг над другом русловых ком-

плексов в подземном коллекторе. В этом примере скважинные каротажные данные интерпретированы как русловый, преимущественно осевой комплекс 120, русловый, преимущественно внеосевой комплекс 122 и русловый, преимущественно краевой комплекс 124, составляющие набор комплексов. Русловый, преимущественно осевой комплекс состоит главным образом из вертикальных сегментов, которые проходят через центральный, более толстый участок системы русел. В этих скважинных каротажных данных русловый, преимущественно осевой компонент 120 комплекса из набора 118 комплексов выделяется как представляющий интерес геологический комплекс 126. В пределах этого геологического комплекса 126 имеется отдельная диаграмма 128 скорости, повышающаяся с глубиной в массивном песчаном элементе в основании интерпретированного, преимущественно осевого комплекса. В настоящем изобретении такие диаграммы используют для ограничения стратиграфических и других свойств синтетических колонок.

В настоящем изобретении используют стратиграфический объем, построение которого осуществляют на основании понимания стратиграфии геологического объема, представляющего интерес, от всех имеющихся источников данных. На фиг. 8 представлен пример стратиграфического объема 130, который был получен для подземной системы. На фиг. 8 показан целевой интервал 132, который был выбран, и в пределах этого целевого интервала 132 были идентифицированы два комплекса, система 134 языков и пойма 136. Стратиграфический объем 130 включает в себя литологию поймы 136 в виде песка и глинистого сланца 138. Стратиграфический объем 130 для системы 134 языков разделен на его компоненты, осевой 140, внеосевой 142, краевой 144 и дистальный краевой 146. По мере того как шкала перемещается от уровня 148 геологического комплекса к уровню 150 элементов, этот конкретный пример фокусируется на литологии края 144 системы 134 языков. Три сценария были разработаны для возможной литологии края 144, этими возможными сценариями были случайный 152, утолщение 154 сверху и утонение 156 сверху. В настоящем изобретении используют имеющуюся информацию об условиях осадконакопления и стратиграфическом строении в этой конкретной системе для построения иерархического стратиграфического объема 130. Для всех трех сценариев в этом осуществлении настоящего изобретения литология представляла собой песок/глинистый сланец 158, 160, 162.

В настоящем изобретении дополнительно составляют стратиграфические правила, которые используют для построения синтетических стратиграфических колонок. Например, в настоящем изобретении учитывают изменения мощности литологических подразделений или подразделений осадконакопления при построении синтетических стратиграфических колонок. Эта информация может быть получена заранее путем анализа и интерпретации сейсмических данных и реальных скважинных каротажных диаграмм. На фиг. 9 показан пример распределений мощности на шкалах литологических подразделений и подразделений осадконакопления, полученных на основании примеров баз данных для различных условий осадконакопления. Для данного геологического подразделения, которое связано с синтетической стратиграфической колонкой на основании понимания условия осадконакопления, на фиг. 9 показаны пять подразделений осадконакопления или литологических подразделений различной мощности, которые могут быть поставлены в соответствие этому конкретному подразделению синтетической стратиграфической колонки. Литологические подразделения изменяются по мощности и типу. Массивный песок 164, переслаивающийся песок и глинистый сланец 166, вторая группа переслаивающихся песка и глинистого сланца 168, пластинчатый песок и глинистый сланец 170 и массивный глинистый сланец 172, все они представлены как потенциальные подразделения для подразделения в синтетической стратиграфической колонке. На фиг. 9 также содержатся два графика, на первом графике показано распределение мощности литологических подразделений 174 и на втором графике показаны распределения мощности песка 176 вместе с литологическими подразделениями. В настоящем изобретении такие распределения мощности используют для наложения этих схем на образованные синтетические стратиграфические колонки.

В настоящем изобретении также используют информацию о тенденциях развития осадконакопления на основании имеющихся реальных скважинных данных. На фиг. 10 показана стратиграфическая колонка 178, в которой последовательные тенденции развития осадконакопления, то есть наблюдаемые, соответствуют утонению сверху, состоящая из трех вертикально расположенных друг над другом русловых элементов, верхнего руслового элемента 180, среднего руслового элемента 182 и нижнего руслового элемента 184. Это означает, что в этом примере для каждой из этих последовательностей осадконакопления мы наблюдаем, что относительное количество присутствующего глинистого сланца статистически возрастает по мере того, как мы продвигаемся к кровле последовательности, тогда как относительное количество песка уменьшается.

Дополнительная часть информации, видимая из этого примера, относится к тому, что мощность песка статистически возрастает книзу, тогда как мощность глинистого сланца уменьшается. В изобретении имеется возможность использовать эту информацию для автоматического наложения этих схем на элементы образуемой синтетической стратиграфической колонки. Как может понять специалист в данной области техники, геологические свойства не являются монотонными, а скорее являются взаимосвязанными. Фиг. 10 также включает в себя кривую 186 распределения, которую используют в соответствии с настоящим изобретением для мощности песка. Кривая 186 распределения включает в себя кривую 188

общего распределения, и в пределах этой кривой 188 имеются три кривые 190, 192, 194 субраспределений. Эти кривые 190, 192, 194 субраспределений перекрываются и показывают, что мощности песков могут совпадать с 196 и не возрастают линейно. Некоторые менее мощные пески 190 расположены между песками 192 средней мощности и некоторые пески 192 средней мощности расположены между песками 194 большой мощности. В настоящем изобретении зависимости этих видов учитывают при образовании синтетических колонок.

В дополнение к стратиграфическим и геологическим элементам в настоящем изобретении имеется возможность заполнения образуемых синтетических стратиграфических колонок литологическими или литофациальными свойствами. Как упоминалось ранее, первоначальная часть процесса образования псевдоскважин заключается в идентификации типов каротажных диаграмм псевдоскважин (пористости, Vs, Vp и т.д.), которые необходимы для получения характеристик конкретного коллектора. Настоящее изобретение включает в себя несколько способов назначения этих оценок конкретных литологических свойств в соответствии с различными геологическими, геофизическими и петрофизическими правилами совместно с различными ограничениями.

Ясно, что оценки литологических свойств будут меняться по мере изменения литологии в стратиграфической колонке. Однако часто случается, что оценки литологических свойств необходимо менять даже в пределах конкретного однородного литологического подразделения. Имеются несколько причин для этого, таких как сортировка зерен по размеру и уплотнение подразделения. На фиг. 11 показаны примеры вертикальных схем, которые можно накладывать на любое литологическое свойство в любом конкретном подразделении псевдостратиграфической колонки 198. Для заданного литологического слоя примерами упругих свойств являются случайная/с выбросами 200, суженная 202, колоколообразная (расширяющаяся книзу) 204, воронкообразная (сужающаяся книзу) 206, дугообразная (симметричная, сужающаяся к середине) 208, бабочкообразная (сужающаяся к середине) и смешанная (за исключением случайной/сгруппированной) формы. Эти схемы применяют не только к упругим свойствам (скорости, плотности и т.д.), но их также можно применять к любому свойству геологического интервала, включая количественное соотношение любой конкретной литологии. Ясно, что эти простирания необязательно являются монотонными, и поэтому реализация этой функциональной зависимости является вероятностной по природе.

На фиг. 12А и 12В показано несколько реальных примеров тенденций свойств, полученных в соответствии с настоящим изобретением для заданного интервала. Первое изображение на фиг. 12А представлено для интервала 214 песка на оси, и оно отражает различные картины каротажных диаграмм для объема глинистого сланца (V глинистого сланца), образованные в соответствии с настоящим изобретением, при этом в общем случае V глинистого сланца возрастает вверх (воронкообразная форма). Второе изображение на фиг. 12В представлено для интервала 216 песка вне оси, и оно опять отражает различные картины каротажных диаграмм для V глинистого сланца, при этом в общем случае V глинистого сланца возрастает к середине (дугообразная форма). Можно понять, что хотя большое количество картин V глинистого сланца было получено в соответствии с настоящим изобретением, они ограничены обобщенной картиной, в этих случаях воронкообразной формой и дугообразной формой. Поэтому в настоящем изобретении используют существующую геологическую информацию из области, представляющей интерес, для ограничения различных свойств, которые связаны с подразделениями в пределах данной синтетической стратиграфической колонки.

В реальном случае литологические свойства не являются точно случайными числами. В действительных породах часто имеются соотношения и зависимости между свойствами, связанными с этими породами. В этом изобретении содержится прибор для определения этих соотношений в случае реальных скважинных данных. Прибор анализирует корреляционные связи между всеми необходимыми свойствами породы для каждой литологии и на всех уровнях иерархии стратиграфического объема. На фиг. 13А и 13В показаны кросс-плоты, используемые в соответствии с настоящим изобретением для анализа корреляционных связей между геологическими свойствами. В этом примере настоящего изобретения использованы реальные скважинные данные, которые имеются для конкретного района, представляющего интерес. Две скважины 220 и 222 идентифицированы для подразделения 218 в пределах стратиграфического объема. Осуществлена корреляция известных свойств и их связей друг с другом путем использования кросс-плота 224, показанного на фиг. 13В. В этом конкретном примере свойствами, выбранными для графика 224, были акустическая продольная волна (Р-волна) и акустическая поперечная волна (S-волна). При использовании идентифицированных корреляционных связей в настоящем изобретении использованы реальные корреляционные связи для ограничения свойств, связанных с подразделениями синтетических колонок. Поэтому свойства, связанные с подразделениями синтетической колонки, аналогичны свойствам реальных скважин. На фиг. 13 показан кросс-плот 228 акустической продольной волны (Р-волны) и акустической поперечной волны (S-волны) для подразделения 226 в аналогичной синтетической колонке, как и для реального подразделения 218 из скважинных каротажных данных.

После того как определены корреляционные связи между различными, представляющими интерес свойствами породы, они действуют как ограничение, когда эти свойства становятся назначенными в рамках процесса построения псевдоскважин. В изобретении имеется возможность наложения этих кор-

реляционных ограничений, подчиненных действительным физическим ограничениям, при которых эти свойства могут существовать для реальной геологии. На фиг. 14 показаны дополнительные примеры кросс-плотов 232, 234, 236, использованных для ограничения свойств, которые назначены конкретному подразделению 230 в синтетической колонке, включающих в себя акустическую продольную волну (Р-волну), акустическую поперечную волну (S-волну), плотность и пористость.

Должно быть понятно, что реальные скважинные данные используют, когда условия осадконакопления являются аналогичными условиям, измеренным с помощью скважины. Как должно быть понятно специалисту в данной области техники, скважинные каротажные данные иногда могут быть очень локализованными, и решение, насколько является репрезентативной область скважинных каротажных данных, должно приниматься в зависимости от конкретного случая.

Когда все геологические, геофизические и петрофизические ограничения учтены, то можно осуществлять построение синтетических стратиграфических колонок, на основании которых можно формировать псевдоскважинные каротажные диаграммы для представляющих интерес свойств. На фиг. 15 показаны примеры синтетических или псевдоскважинных каротажных диаграмм 238. Все псевдостратиграфические колонки и псевдокаротажные диаграммы, формируемые в соответствии с этим изобретением, имеют характеристики реальных скважинных данных, за исключением действительных пространственных положений. Иначе говоря, эти стратиграфические колонки представляют собой возможные описания действительных интервалов коллектора, но места, где эти колонки существуют, являются неизвестными.

Поэтому, что касается фиг. 16, то в настоящем изобретении образуют предназначенные для решения геологических задач псевдоскважины 240, используя стратиграфические правила и ограничения на основании интерпретации 242 геологических данных, стратиграфического объема 244, правил 246 распределения свойств вместе с ограничениями зависимостей и детерминированными и вероятностными ограничениями 248.

Чтобы определить действительные места, на которых эти псевдоскважины могут представлять действительный интервал реального коллектора, необходимо сравнить эти синтетические колонки с реальными данными, которые имеют пространственные координаты. В этом осуществлении настоящего изобретения реальные данные, которые используют, представляют собой действительные зарегистрированные сейсмические данные.

Поскольку можно образовать псевдокаротажные диаграммы упругих свойств, скорости и плотности, то можно создать псевдокаротажные диаграммы импеданса. Изобретение включает в себя способ использования этих синтетических каротажных диаграмм импеданса для моделирования синтетических сейсмических трасс, которые затем можно сравнивать от места к месту с действительными трассами из реальных сейсмических данных.

Конечным результатом этого конкретного осуществления изобретения является набор моделей действительного коллектора с разрешением действительных каротажных диаграмм. Одна из главных проблем, присущих способу сравнения сейсмических трасс, заключается в том, что сейсмические данные являются данными в ограниченной полосе частот, и, следовательно, частоты псевдостратиграфической колонки за пределами сейсмической полосы пропускания не ограничиваются сейсмическим сигналом. Поэтому стандартное неограниченное сравнение сейсмических данных будет приводить к многочисленным псевдостратиграфическим колонкам, которые будут согласованы с действительными сейсмическими сигналами, но не будут хорошим решением в плане геологии или стратиграфии.

В настоящем изобретении значение этой проблемы ослабляется возможностью динамической модификации ранее образованных псевдоскважин в ответ на дополнительную информацию в виде интерпретированных границ 250 (фиг. 17) действительных геологических объектов 262 (фиг. 18), связанных с геологическими руслами или подразделениями 252, 254, 256, 258 и 260, в реальном сейсмическом объеме. Эту предоставляемую пользователем интерпретирующую информацию используют в изобретении несколькими особыми способами.

Сначала получают геологическое ограничение существования. Информацию, имеющую отношение к индивидуально интерпретированным геологическим подразделениям 252, 254, 256, 258 и 260 (фиг. 19), включают в геологическую карту-схему. На фиг. 20 показана карта-схема 264, иллюстрирующая, какое сочетание из этих интерпретированных подразделений 252, 254, 256, 258 и 260 присутствует на любом конкретном месте трассы. Это ограничение существования играет важную роль в процессе сравнения синтетических и действительных данных о реальных сейсмических трассах. При опросе геологической карты-схемы только псевдоскважины, которые на самом деле подвергаются сейсмической проверке сравнением в любом конкретном месте, являются псевдоскважинами, которые удовлетворяют ограничениям существования относительно интерпретированных объектов. Поэтому, например, если русло 1 (252) и русло 2 (254) интерпретируют как существующие на конкретном месте расположения скважины, то предусмотренные псевдоскважины также должны содержать эти объекты. На фиг. 21 показаны десять псевдоскважин 266, которые образованы в соответствии с настоящим изобретением, при этом каждая псевдоскважина включает в себя русла 252, 254, 256, 258 и 260, которые интерпретированы как существующие на пространственном месте, представленном псевдоскважиной.

В дополнение к ограничению существования интерпретация сейсмических данных также дает ин-

формацию, относящуюся к временному залеганию и временной мощности интерпретированных геологических объектов. Динамический характер образованных псевдоскважин позволяет использовать эту информацию путем преобразования скорости и мощности конкретных стратиграфических подразделений в динамическое растяжение или сжатие синтетической сейсмограммы для улучшения согласования с действительной, реальной сейсмограммой в этом конкретном месте. На фиг. 22 показана первоначальная синтетическая колонка 270, образованная в соответствии с настоящим изобретением, которая включает в себя русло 4 (258) и русло 2 (254). Однако русло 4 (258) и русло 2 (254) в первоначальной синтетической колонке 270 не согласованы с интерпретированными горизонтами или границами русел на реальной сейсмограмме 274. В настоящем изобретении динамически растягивают русло 4 (258) и перемещают его книзу на синтетической сейсмограмме 270, тогда как динамически сжимают русло 2 (254) и перемещают его вверх на синтетической сейсмограмме 270 с тем, чтобы синтетическая сейсмограмма 270 была согласована с интерпретированным горизонтом 270. Результатом является конечная синтетическая сейсмограмма 272, которая более точно согласована с интерпретированной реальной сейсмограммой 274. Чтобы быть в состоянии использовать эту возможность, в настоящем изобретении устанавливают связь между интерпретированными сейсмическими горизонтами и связанными с ними опорными маркерами в псевдостратиграфических колонках. В одном осуществлении настоящего изобретения эту связь обеспечивает пользователь, создающий таблицу заранее заданных пар маркер-горизонт, такую как табл. 276, показанная на фиг. 23.

Результатом этого процесса является объем, в котором каждое место сейсмической трассы занято набором маркированных стратиграфических колонок с разрешением каротажной диаграммы, которые удовлетворяют всем стратиграфическим, петрофизическим и сейсмическим ограничениям.

Теперь этот объем можно опросить для получения информации различного вида об исследуемых интервалах коллектора. Диапазон возможных результатов на каждом месте трассы обеспечивает оценку остаточной неопределенности, все-таки связанной с процессом после использования всех имеющихся ограничений.

Чтобы образовать действительную трехмерную модель коллектора, необходимо осуществить отбор из пределов этого объема действительных стратиграфических колонок на каждом месте трассы. Поскольку псевдостратиграфические колонки полностью маркированы, можно образовать модели коллектора с весьма специфическими характеристиками. Например, можно запросить модель, в каком конкретном стратиграфическом подразделении имеется максимальный объем. Это просто является вопросом выбора максимальной мощности для этого подразделения на каждом месте. Однако если вопрос заключается в выборе модели, в которой конкретное стратиграфическое подразделение имеет максимально возможную непрерывность, то решение будет совершенно иным. Ограничение этого типа является очень трудным для наложения в других способах моделирования коллектора. Чтобы образовать эту конкретную модель коллектора, для задачи требуется найти глобальное решение оптимизации. Подход, используемый в соответствии с настоящим изобретением для этого конкретного осуществления, заключается в нахождении комбинаторного решения, реализуемого с помощью генетического алгоритма.

Кроме того, можно осуществить реализации трехмерных моделей коллектора на основании статистического подхода. Задача, которая представлена, отличается от обычного геостатистического применения. При геостатистическом моделировании можно попытаться заполнить объем (много раз), и задача заключается в осуществлении выбора между уже существующими маркированными стратиграфическими колонками на каждом месте трассы. Один подход, используемый в соответствии с настоящим изобретением, основан на разработке трехмерной вариограммы по трехмерному многоточечному статистическому обучающему изображению. Образуют случайную траекторию, которая, в свою очередь, заходит на каждое место трассы. На каждом месте вычисляют меру корреляции между действительными скважинами и каждой псевдоскважиной, согласованной с трехмерной вариограммой. Псевдоскважины удерживаются в корреляционной связи аналогично эталону вариограммы.

Псевдоскважины, образованные в соответствии с настоящим изобретением, можно использовать для оценивания упругих геологических свойств, таких как V_p и V_s , пористость и плотность. Настоящее изобретение также позволяет осуществлять преобразование упругих геологических свойств в свойства коллектора (например, проницаемость) с помощью процесса, основанного на генетическом программировании и нечетких нейронных сетях.

Настоящее изобретение также позволяет оценивать коэффициент песчаности коллектора путем группировки по общему признаку низкочастотных синтетических сейсмограмм, образованных на основании псевдостратиграфических колонок, и сравнения синтетических сейсмических данных с реальными сейсмическими данными. Коэффициент песчаности оценивают путем образования нескольких псевдоскважин и вычисления коэффициента песчаности для этих псевдоскважин. Затем выбирают низкочастотный диапазон и отбирают сейсмически интерпретированный горизонт и временное окно, представляющие интерес. На основании псевдоскважин создают синтетические сейсмические трассы в конкретном низкочастотном диапазоне. Затем низкочастотные сейсмические трассы разбивают на группы подобия. Далее каждую из этих групп представляют эталонной формой трассы. Это приводит к группам псевдостратиграфических колонок, связанных с каждым из этих групповых эталонов. Кроме того, вы-

бранный низкочастотный диапазон затем применяют к реальным трассам из сейсмических данных. После этого обработанные сейсмические данные сравнивают с эталонными сейсмическими трассами группы. В итоге группы псевдостратиграфических колонок назначают фактическим местам трасс из данных. Теперь на каждом месте трассы сгруппированные маркированные синтетические стратиграфические колонки могут быть опрошены для получения коэффициента песчаности, размахов распределений и других связанных отображений.

Хотя в предшествующем описании это изобретение было рассмотрено применительно к некоторым предпочтительным осуществлениям его и многие детали изложены для иллюстрации, специалистам в данной области техники должно быть понятно, что изобретение допускает изменение и что некоторые другие подробности, описанные в настоящей заявке, можно существенно изменять без отступления от основных принципов изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Реализуемый с помощью компьютерной системы способ моделирования полностью маркированной стратиграфической колонки для заполнения модели коллектора подземной области, представляющей интерес, содержащий этапы, на которых:

(a) получают набор реальных сейсмограмм;

(b) устанавливают с помощью ввода пользователя компьютерной системы связь между множеством стратиграфических подразделений и синтетической стратиграфической колонкой на основании заранее выбранных геологических схем посредством растягивания и сжимания по вертикали стратиграфических подразделений в конкретной колонке до соответствия действительной вертикальной геологической схеме;

(c) устанавливают с помощью ввода пользователя компьютерной системы связь между упругими геологическими свойствами и каждым из стратиграфических подразделений в синтетической стратиграфической колонке на основании заранее выбранных геологических схем посредством растягивания и сжимания по вертикали стратиграфических подразделений в конкретной колонке до соответствия действительной вертикальной геологической схеме;

(d) производят выборки из синтетической стратиграфической колонки для получения каротажных диаграмм упругих свойств;

(e) преобразуют каротажные диаграммы упругих свойств в синтетическую сейсмограмму и

(f) устанавливают с помощью ввода пользователя компьютерной системы связь между синтетической сейсмограммой и соответствующей сейсмограммой в наборе реальных сейсмограмм для получения координат синтетической стратиграфической колонки в рамках модели коллектора, причем модель коллектора обеспечивает характеристики подземной области, представляющей интерес.

2. Способ по п.1, в котором этапы с (b) по (f) повторяют для заполнения множества стратиграфических колонок в рамках модели коллектора.

3. Способ по п.2, в котором для каждого одного набора реальных сейсмограмм имеется множество согласующих синтетических сейсмограмм.

4. Способ по п.3, в котором набор критериев, формируемых с помощью детерминированных ограничений на основании оптимизации генетического алгоритма, используют для выбора синтетической сейсмограммы из множества согласующих синтетических сейсмограмм.

5. Способ по п.1, в котором множество стратиграфических подразделений, назначенных синтетической стратиграфической колонке, ограничивают до геологических подразделений, представляющих интерес.

6. Способ по п.1, в котором каротажные диаграммы упругих свойств преобразуют в свойства коллектора, используя генетическое программирование и нечеткие нейронные сети.

7. Способ по п.1, в котором стратиграфические схемы осадконакопления используют для назначенных распределений литологии в пределах стратиграфических подразделений синтетической стратиграфической колонки.

8. Способ по п.1, в котором карту-схему используют для динамического назначения соответствующих псевдоскважин, чтобы осуществлять согласование синтетической сейсмограммы с соответствующей сейсмограммой в наборе реальных сейсмограмм для получения координат синтетической стратиграфической колонки в рамках модели коллектора.

9. Способ по п.1, в котором коэффициент песчаности оценивают путем объединения в группы низкочастотных синтетических сейсмограмм из синтетических стратиграфических колонок и сравнения синтетических сейсмограмм с набором реальных сейсмограмм.

10. Способ по п.1, в котором синтетические стратиграфические колонки используют для вычисления вероятностной амплитуды в зависимости от удаления.

11. Компьютерная система, выполненная с возможностью выполнения способа по п.1, содержащая по меньшей мере один процессор;

по меньшей мере одно запоминающее устройство;

дисплейное устройство и

по меньшей мере одно устройство ввода, причем процессор обеспечивает возможность выполнения этапов способа по п.1, на которых:

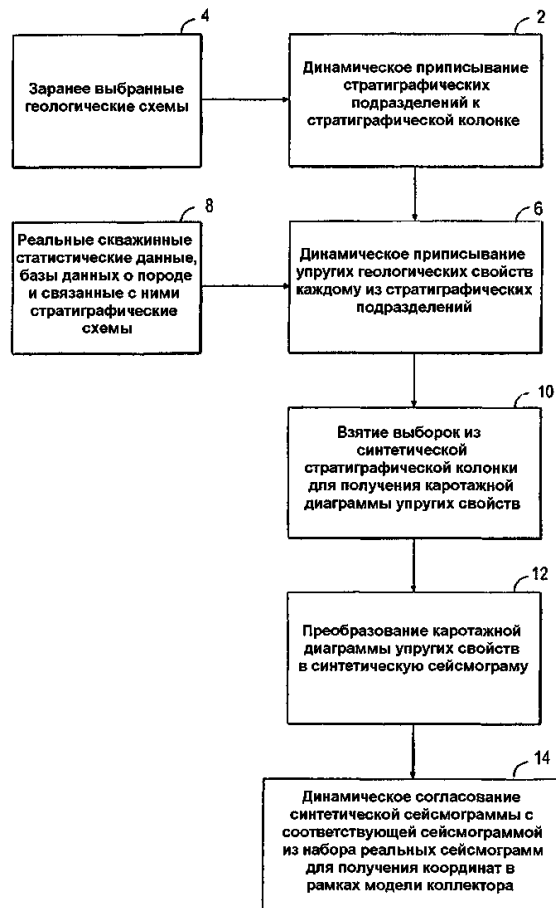
- (a) получают набор реальных сейсмограмм;
- (b) устанавливают с помощью ввода пользователя компьютерной системы связь между множеством стратиграфических подразделений и синтетической стратиграфической колонкой на основании заранее выбранных геологических схем посредством растягивания и сжимания по вертикали стратиграфических подразделений в конкретной колонке до соответствия действительной вертикальной геологической схеме;
- (c) устанавливают с помощью ввода пользователя компьютерной системы связь между упругими геологическими свойствами и каждым из стратиграфических подразделений в синтетической стратиграфической колонке на основании заранее выбранных геологических схем посредством растягивания и сжимания по вертикали стратиграфических подразделений в конкретной колонке до соответствия действительной вертикальной геологической схеме;
- (d) производят выборки из синтетической стратиграфической колонки для получения каротажных диаграмм упругих свойств;
- (e) преобразуют каротажные диаграммы упругих свойств в синтетическую сейсмограмму и
- (f) устанавливают с помощью ввода пользователя компьютерной системы связь между синтетической сейсмограммой и соответствующей сейсмограммой в наборе реальных сейсмограмм для получения координат синтетической стратиграфической колонки в рамках модели коллектора, причем модель коллектора обеспечивает характеристики подземной области, представляющей интерес.

12. Система по п.11, в которой формируют в запоминающем устройстве множество синтетических сейсмограмм и согласовывают с помощью процессора множество синтетических сейсмограмм со всеми из набора реальных сейсмограмм для заполнения модели коллектора.

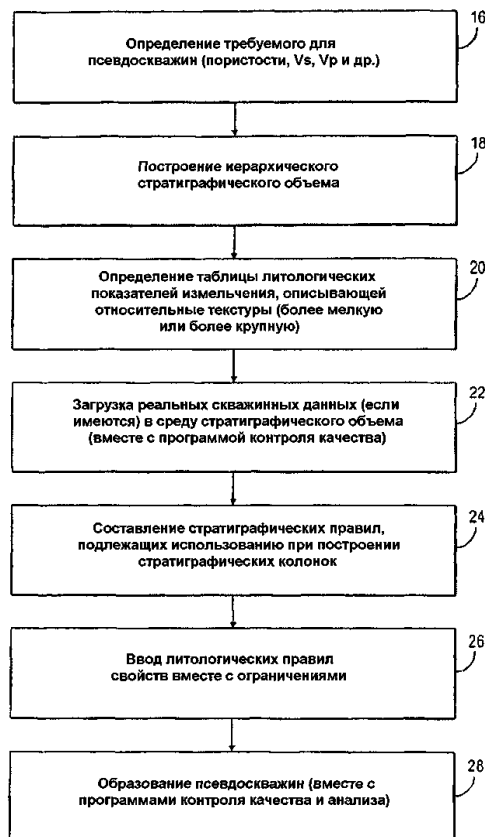
13. Система по п.12, в которой формируют в запоминающем устройстве множество моделей коллектора, при этом каждая модель заполняется отличающимся множеством синтетических сейсмограмм.

14. Реализуемый с помощью компьютера способ моделирования полностью маркированной синтетической стратиграфической колонки для заполнения модели коллектора подземной области, представляющей интерес, содержащий этапы, на которых:

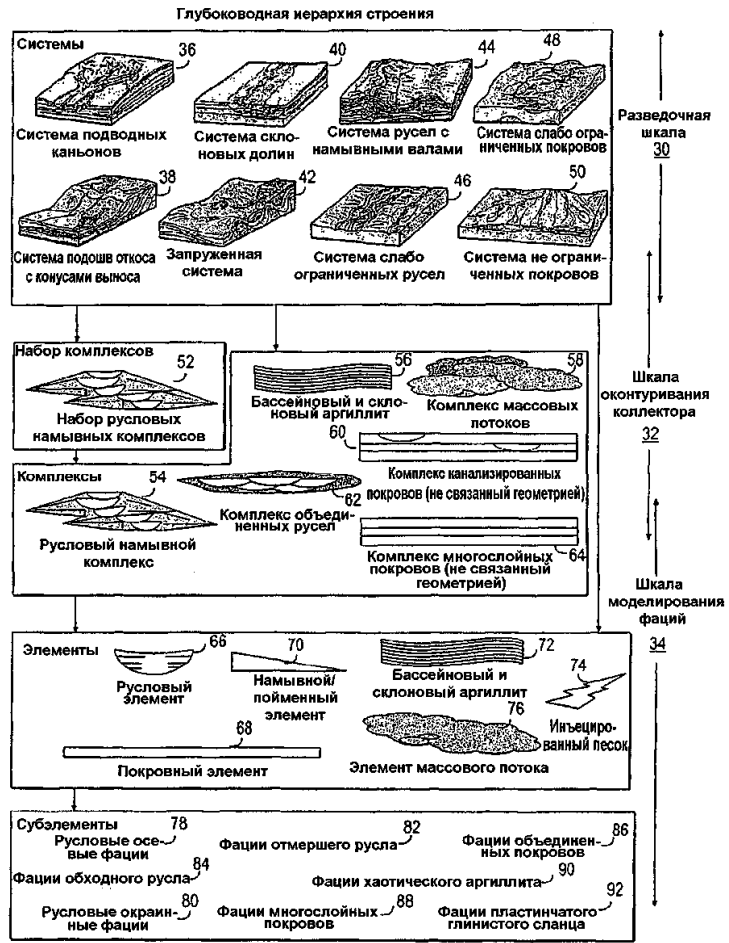
- (a) получают набор реальных сейсмограмм;
- (b) осуществляют построение иерархического стратиграфического объема;
- (c) задают таблицу литологических показателей измельчения, которая описывает относительные текстуры;
- (d) интегрируют реальные скважинные данные в иерархический стратиграфический объем;
- (e) составляют стратиграфические правила, подлежащие использованию при построении синтетической стратиграфической колонки;
- (f) определяют литологические правила свойств вместе с ограничениями и
- (g) образуют синтетическую колонку, объединяющую иерархический стратиграфический объем, стратиграфические правила и литологические правила свойств, при этом связь между геологическими подразделениями, включенными в синтетическую колонку, и реальными сейсмограммами устанавливают с помощью ввода пользователя компьютерной системы посредством растягивания и сжимания по вертикали геологических подразделений в конкретной колонке до соответствия действительной вертикальной геологической схеме, причем модель коллектора обеспечивает характеристики подземной области, представляющей интерес.



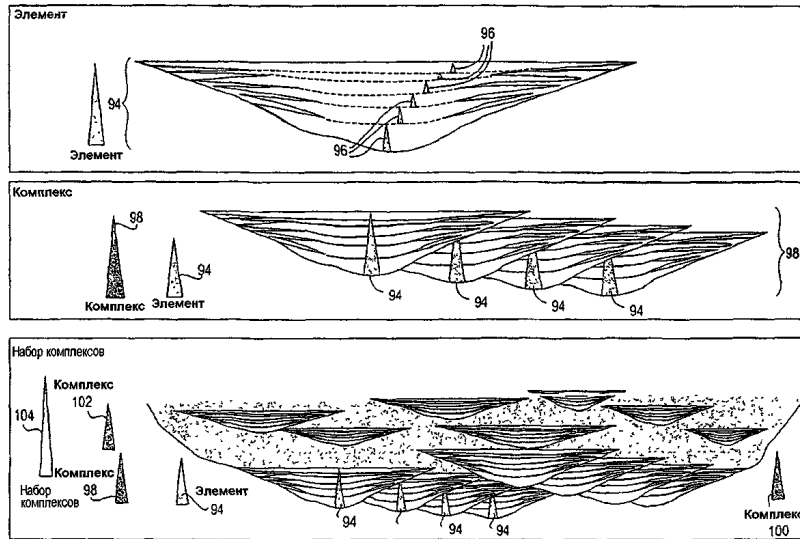
Фиг. 1



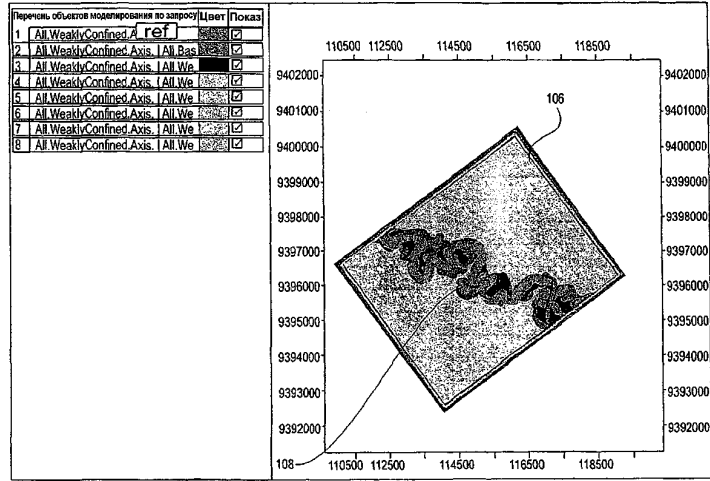
Фиг. 2



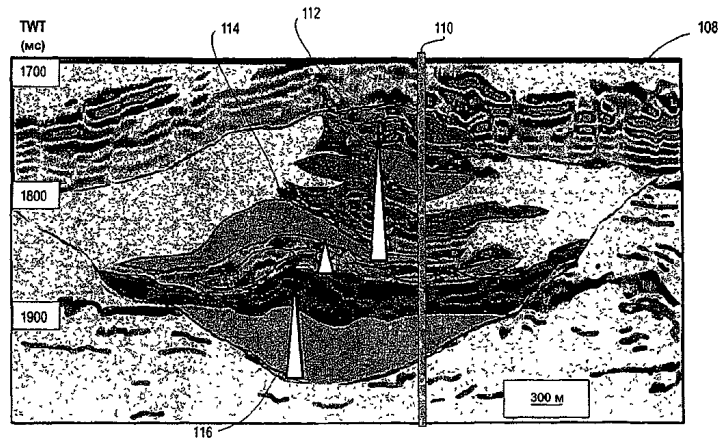
Фиг. 3



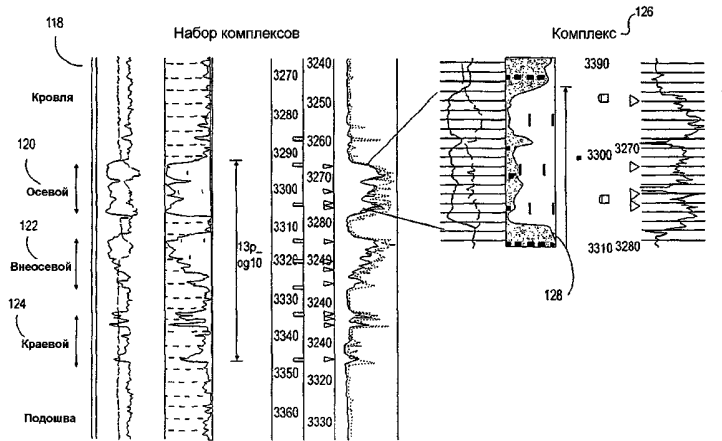
Фиг. 4



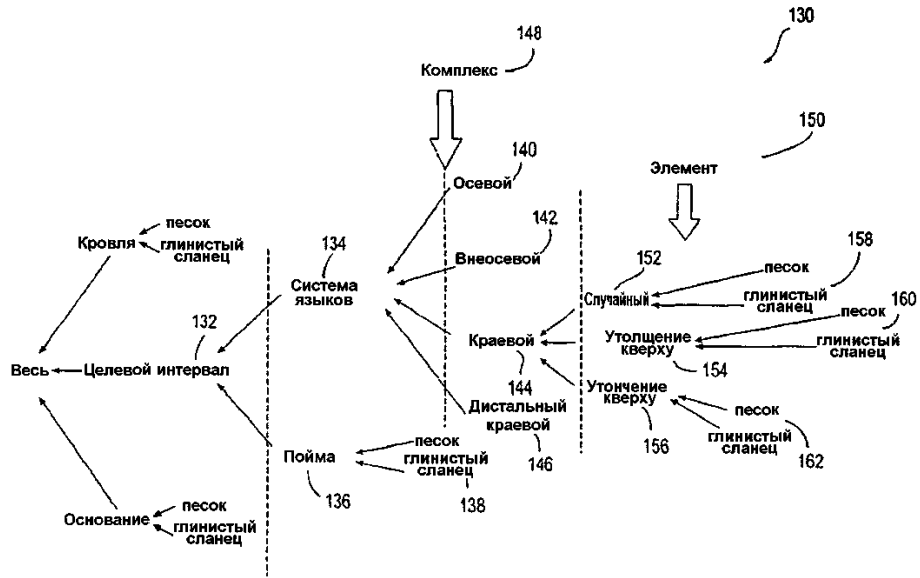
Фиг. 5



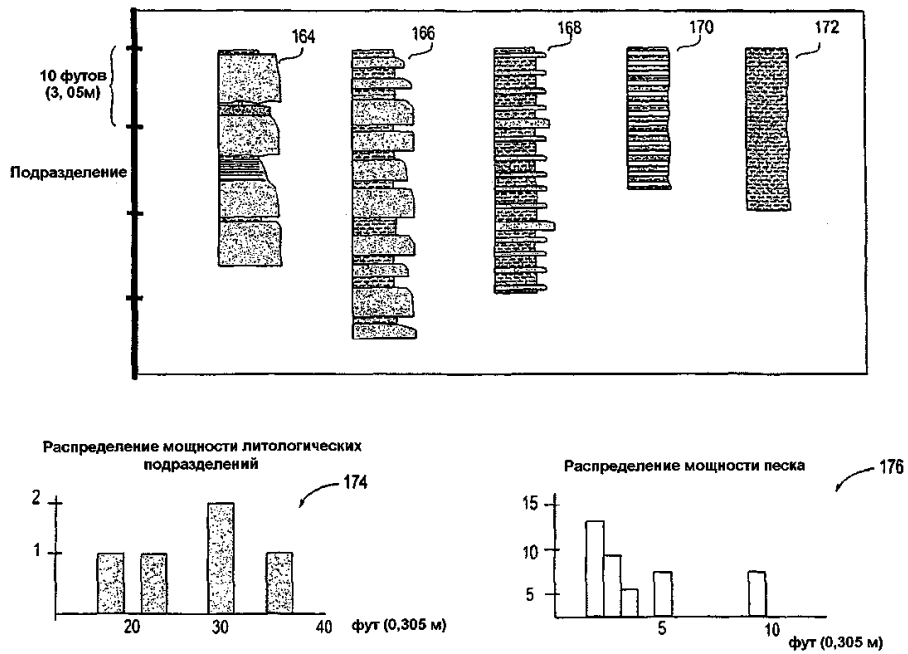
Фиг. 6



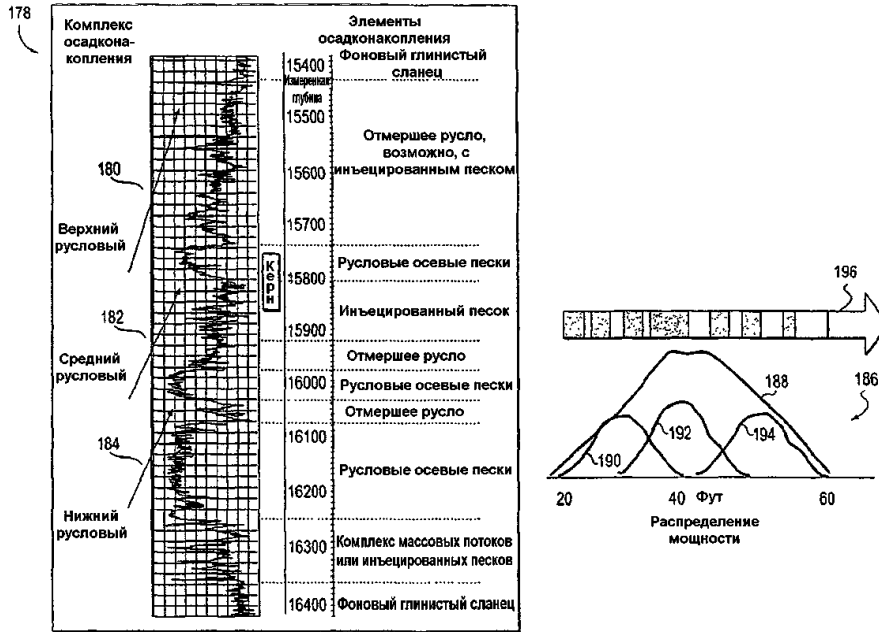
Фиг. 7



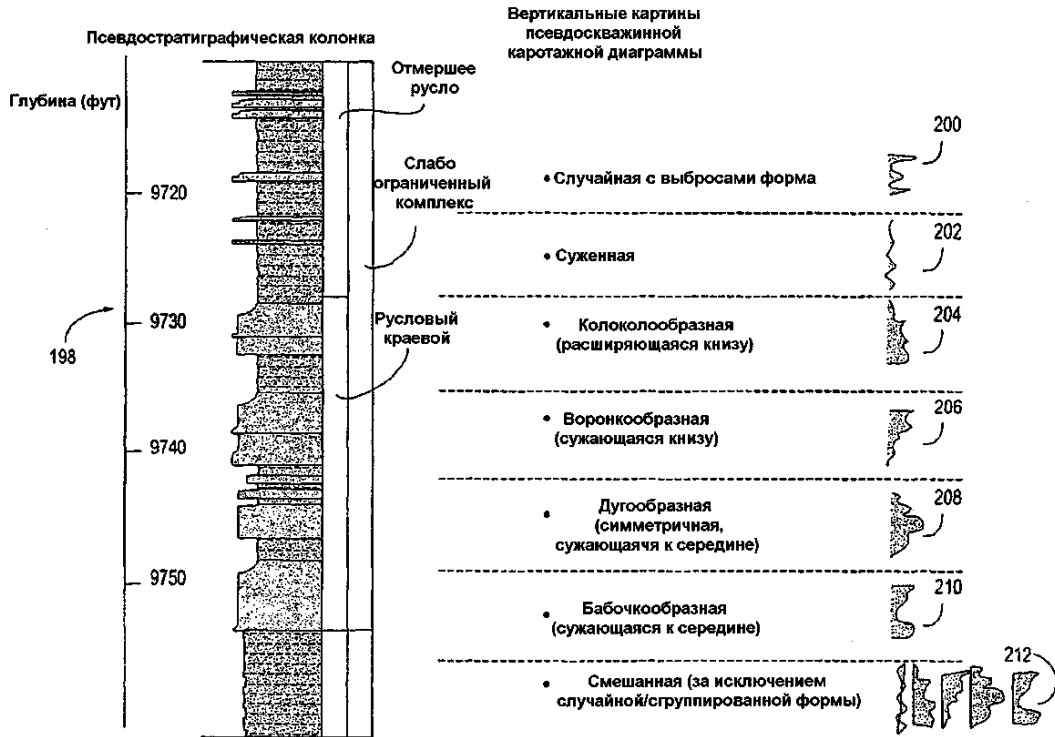
Фиг. 8



Фиг. 9

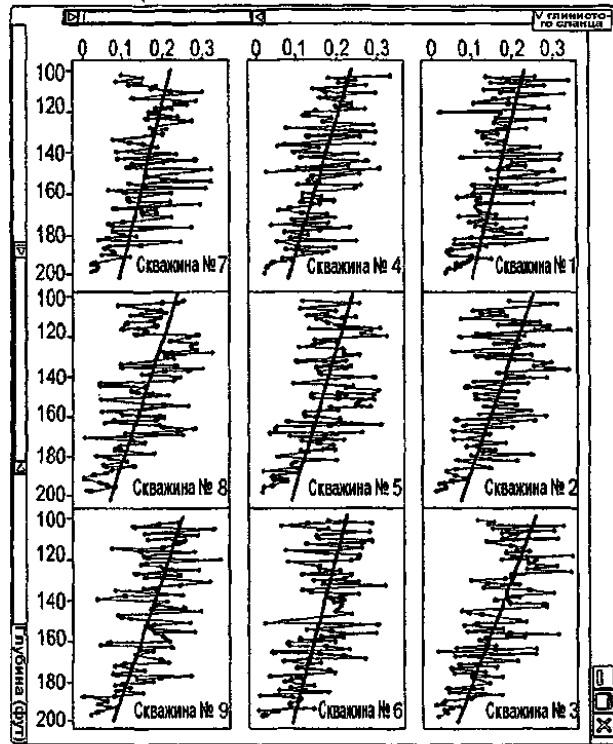


Фиг. 10



Фиг. 11

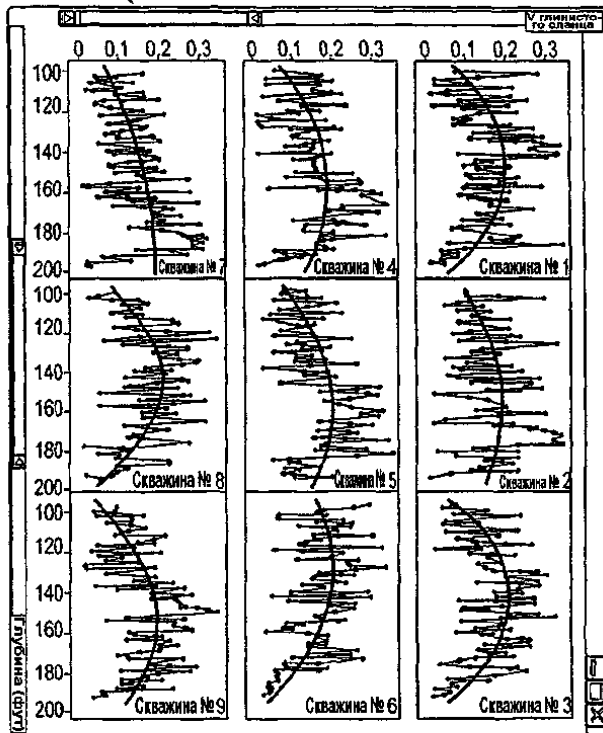
Пример для
воронкообразной формы
214



Песок на оси в случае V глинистого сланца,
возрастающего кверху (воронкообразная форма)

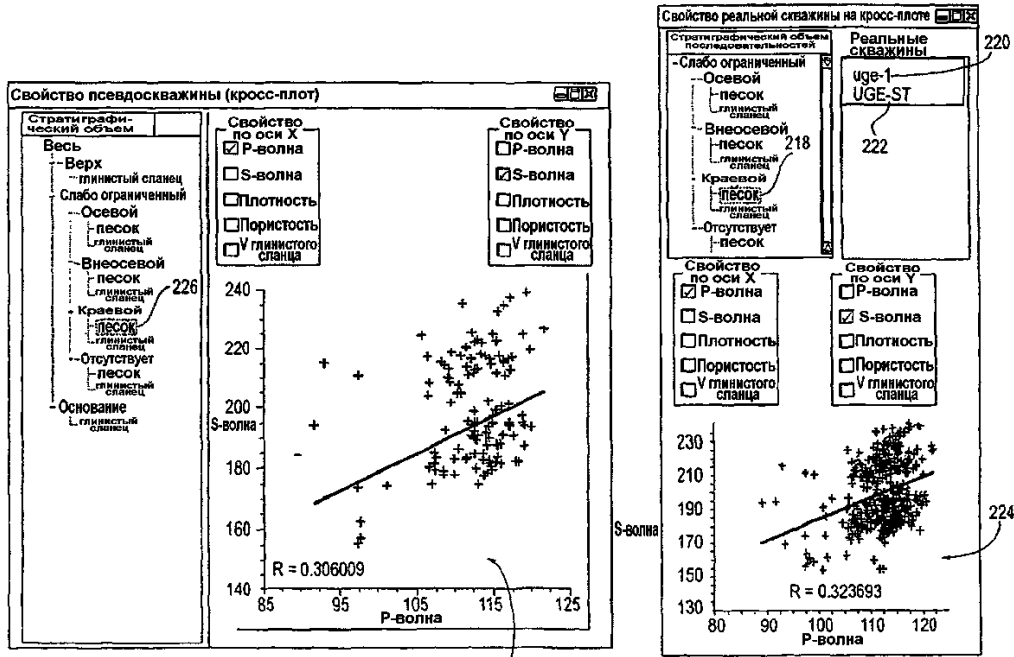
Фиг. 12А

Пример для
дугообразной формы
216

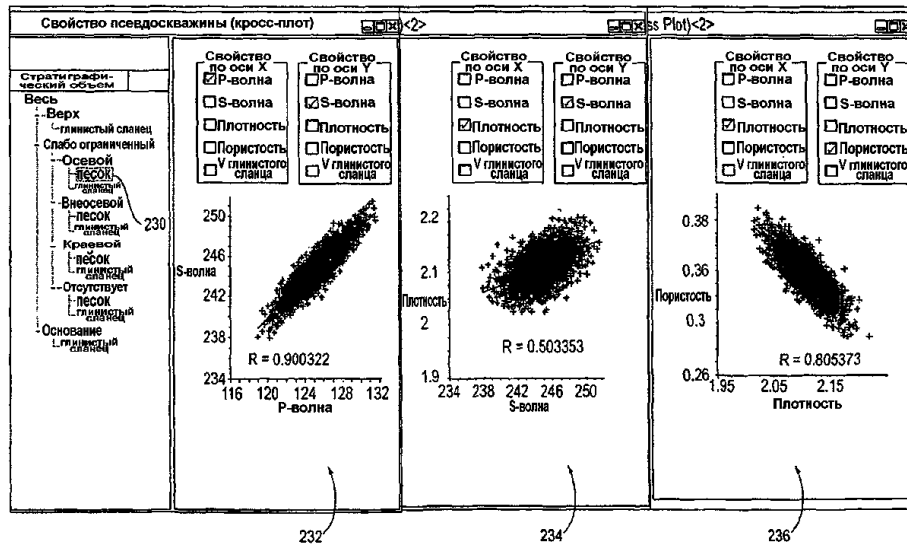


Песок вне оси в случае V глинистого сланца,
возрастающего к середине (дугообразная форма)

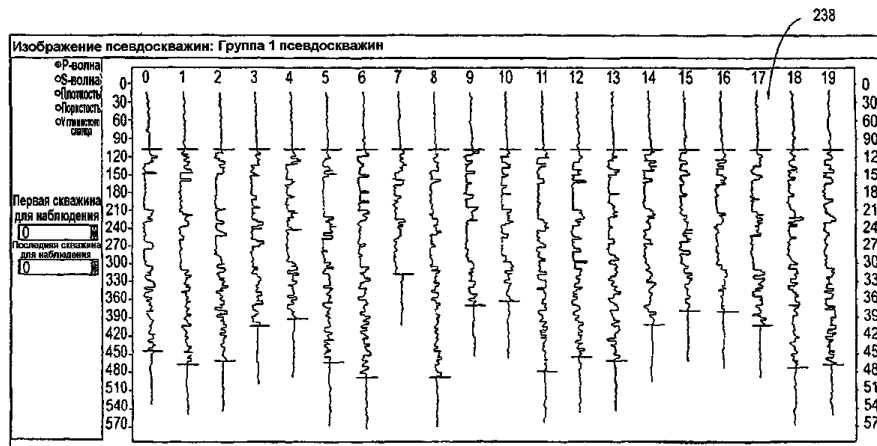
Фиг. 12В



226
Фиг. 13А, 13В



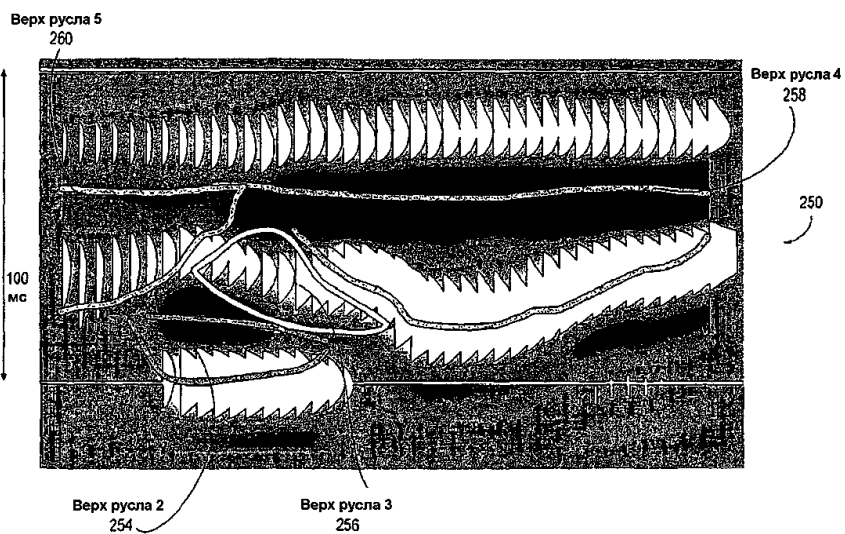
232 234 236
Фиг. 14



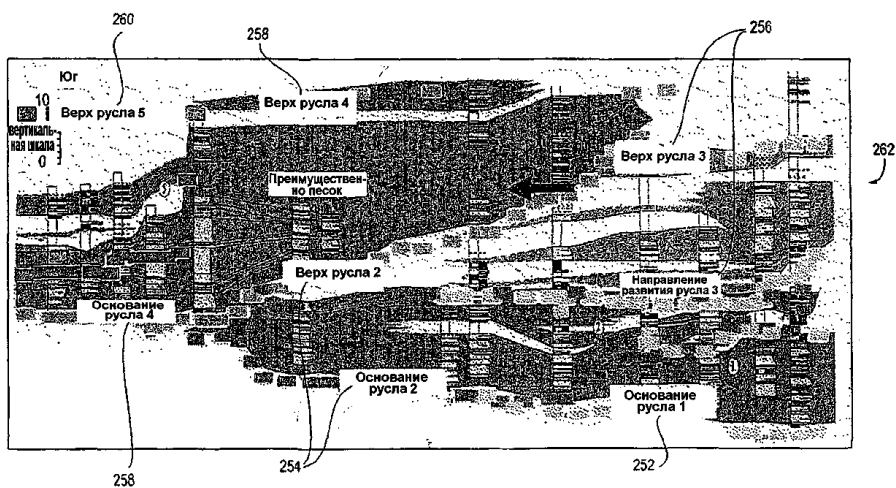
238
Фиг. 15



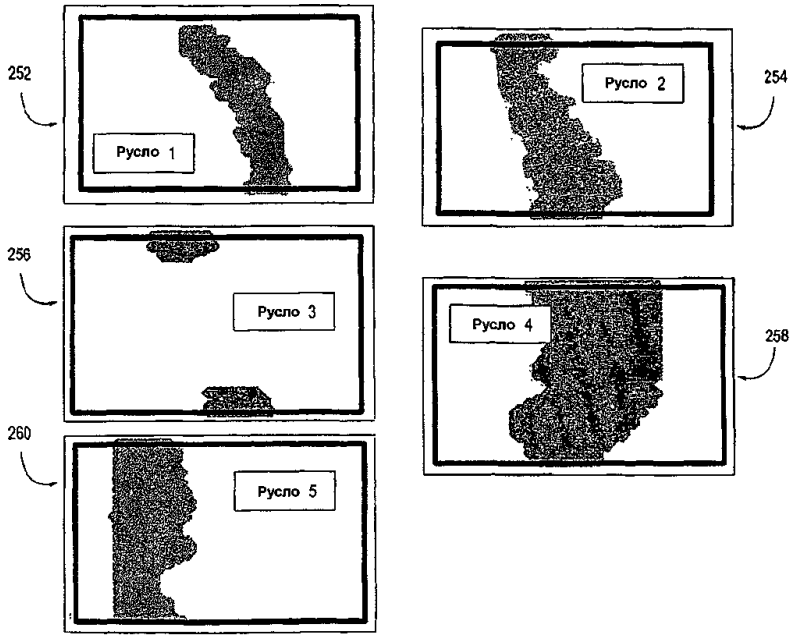
Фиг. 16



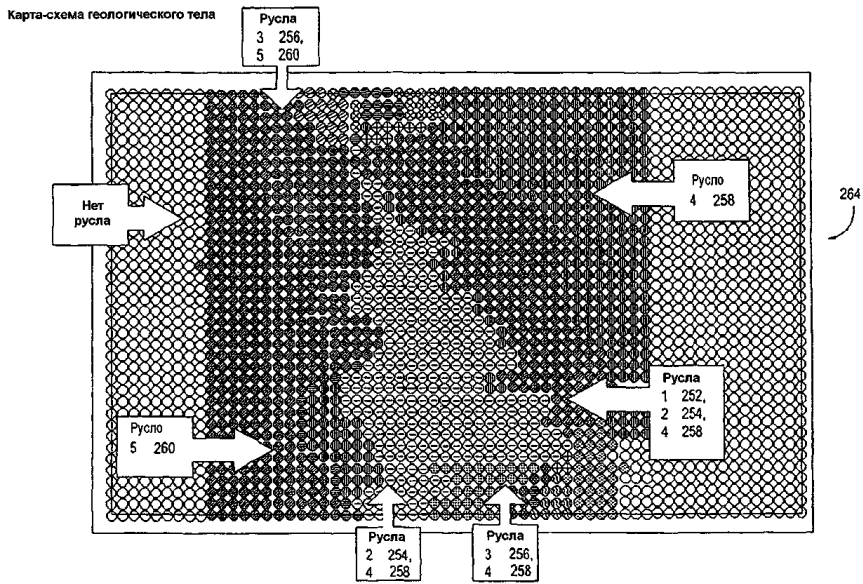
Фиг. 17



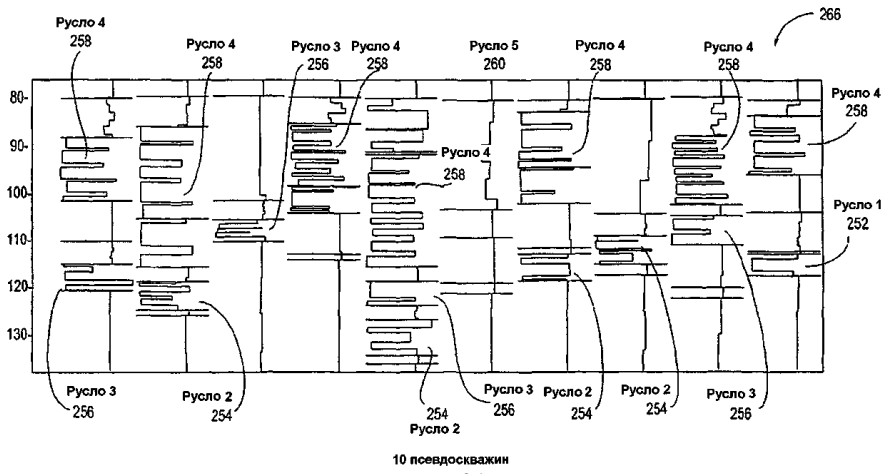
Фиг. 18



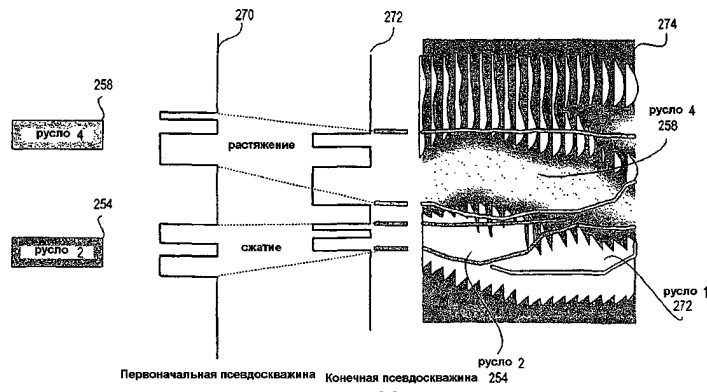
Фиг. 19



Фиг. 20

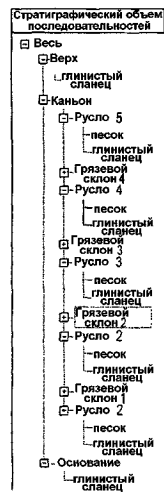


10 псевдскважин
Фиг. 21



Фиг. 22

Стратиграфический объем последовательностей



Пары горизонт-маркер

Маркер	Горизонт
Каньон, русло 5	260
Русло 5, верх	260
Каньон, русло 4	258
Русло 4, верх	258
Каньон, русло 3	256
Русло 3, верх	256
Каньон, русло 2	254
Русло 2, верх	254
Каньон, русло 1	252
Русло 1, верх	252

Фиг. 23



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2