

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202392620 (13) A2

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.06.28

(51) Int. Cl. E21B 47/06 (2012.01)

(22) Дата подачи заявки
2023.10.18

(54) СПОСОБ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

(31) 2022128663

(72) Изобретатель:

(32) 2022.11.07

Бадажков Дмитрий Викторович (RU)

(33) RU

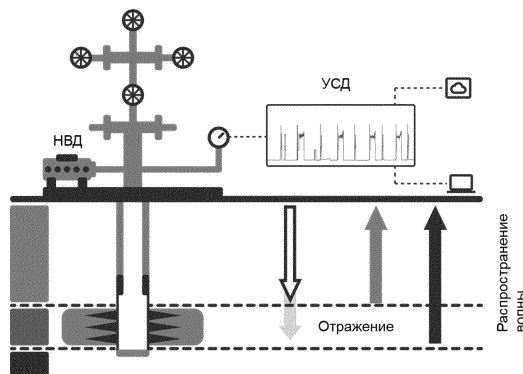
(74) Представитель:

(71) Заявитель:

Котлов Д.В. (RU)

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "СМАРТ
АЛГОРИТМС" (RU)

(57) Изобретение относится к области гидравлического разрыва пластов-коллекторов и может быть использовано при определении параметров, используемых в процессе расчета и анализа операций при интенсификации притока флюида из пласта, в частности при определении давления закрытия трещины и давления в трещине при гидроразрыве пласта (ГРП). При помощи заявленного способа возможно определять зоны развития трещин ГРП, негерметичность пробки-отсекателя и эксплуатационной колонны, наличие перетоков по заколонным пакерам, подтверждение открытия порта ГРП в заданной зоне, определение наличия приемистости жидкости ниже порта ГРП ("прострел шара", разрушение муфты ГРП), подтверждение закачки ГРП в заданный интервал (компоновки с закрываемыми портами) при проведении повторных МГРП, определение работы отклонителя при повторных ГРП на не закрываемые порты/зоны перфорации. Заявляемое изобретение также по записи данных давления позволяет проводить контроль перфорационных выстрелов (наличие выстрела и его сравнительная амплитуда). Кроме того, в изобретении возможно использование второго датчика давления, размещенного на поверхности, на известном расстоянии от основного датчика (расположенного на устье скважины) и используемого для калибровки скорости распространения акустической волны в скважине в качестве дополнительного источника информации.



A2

202392620

202392620

A2

Способ добычи нефти и газа, использующий определение зон развития трещин многостадийного гидроразрыва пласта.

Изобретение относится к области гидравлического разрыва пластов-коллекторов и может быть использовано при определении параметров, используемых в процессе расчета и анализа операций при интенсификации притока флюида из пласта, в частности при определении давления закрытия трещины и давления в трещине при гидроразрыве пласта (ГРП).

Контроль исправности компоновки скважины во время работ по созданию гидроразрыва пласта неинвазивным способом на устье скважины является актуальным, поскольку позволяет практически в реальном времени без использования технологически сложного оборудования проводить мониторинг цельности скважины во время работы.

Известен способ определения параметров гидроразрыва пласта (см. патент RU №2734202, МПК E21B 47/10, E21B 47/06, опубл. 13.10.2020 г.), включающий

- закачку жидкости ГРП в пласт для создания гидравлической трещины, регистрация давления и подачи;
- остановку закачки жидкости в пласт, регистрация падения давления;
- получение набора данных изменения давления в скважине до, во время и после остановки закачки жидкости;
- загрузку в ПО и визуализация данных изменения давления в формате графиков зависимости давления в скважине от времени;
- определение приближенного значения мгновенного давления остановки закачки ISIP;
- отображение данных изменения давления и полулогарифмической производной от давления на диагностическом Log-Log графике;
- идентификацию режима линейного течения жидкости ГРП в трещине и наличия или отсутствия режима вторичного влияния ствола скважины;
- корректировку диагностического Log-Log графика приведением его к нормализованному виду путем отыскания такого значения ISIP, при котором кривая ΔP и полулогарифмической производной на участке линейного течения жидкости в трещине параллельны друг другу, тангенс угла наклона касательной к обеим кривым

составляет P_{cr} и значения ΔP в 2 раза численно превышают значения полулогарифмической производной;

- определение времени закрытия трещины с использованием нормализованного Log-Log диагностического графика, при этом в случае наличия идентифицированного режима вторичного влияния ствола скважины в качестве времени закрытия трещины выбирается первоначальное расхождение полулогарифмической производной с прямой линией с тангенсом угла наклона к оси ОХ, равным 1, а в случае отсутствия идентифицированного режима вторичного влияния ствола в качестве времени закрытия трещины выбирается первоначальное расхождение полулогарифмической производной с прямой линией с тангенсом угла наклона к оси ОХ, равным 1. Увеличенное изображение (открывается в отдельном окне);

- определение давления закрытия трещины с использованием графиков функции утечек жидкости гидроразрыва пласта в момент времени закрытия трещины, полученного в предыдущем пункте;

- определение давления в трещине P_{net} .

Описанный выше известный способ разработан в предположении с использованием забойного датчика давления, что усложняет практическое использование технологии.

Известен принятый в качестве ближайшего аналога способ обнаружения в скважине объектов, отражающих гидравлический сигнал (см. патент RU №2709853, МПК G01V 1/44, G01V 1/46, E21B 43/26, E21B 49/00, опубл. 23.12.2019 г.), в котором:

(a) обеспечивают скважину, заполненную текучей средой, обеспечивающей прохождение гидравлического сигнала;

(b) обеспечивают, по меньшей мере, один источник гидравлического сигнала, имеющий связь по текучей среде со скважиной, предназначенный для генерирования гидравлического сигнала;

(c) обеспечивают, по меньшей мере, один датчик давления, предназначенный для регистрации гидравлического сигнала и имеющий связь по текучей среде со скважиной и, по меньшей мере, с одним источником гидравлического сигнала;

(d) регистрируют гидравлический сигнал с помощью, по меньшей мере, одного датчика давления во время выполнения скважинных операций;

(e) формируют кепстрограмму давления и выявляют интенсивный сигнал на кепстрограмме давления;

(f) обнаруживают в скважине, по меньшей мере, один объект, отражающий гидравлический сигнал, на основе пиков выявленного интенсивного сигнала на кепстрограмме давления.

Описанный выше известный способ, использует кепстрограмму, как ключевой элемент для анализа полученного сигнала (регистрация эха), все остальные элементы, такие как размещение датчика давления в линии скважины, регистрация этого давления с какой-то заданной частотой (например, 1-200 отчетов в секунду, Гц) являются общепринятыми методами контроля проводимых работ на скважине. В настоящем изобретении используются методы выделения эхо, отличные от кепстрального анализа, а также учитывается влияние конструкции скважины на формирования отраженного сигнала, что позволяет разделять полезный и паразитный сигнал при анализе данных давления.

Задача заявляемого технического решения и ожидаемый технический результат заключаются в повышении эффективности процесса гидроразрыва пласта за счет контроля за конфигурацией получаемых в процессе гидроразрыва трещин, а также в расширении эксплуатационных возможностей способа в осложненных геолого-физических условиях.

Технический результат для одной скважины достигается тем, что способ определения зон развития трещин ГРП многостадийного гидроразрыва пласта включает следующую последовательность действий:

- установку датчика давления на устье скважины и включение устройства сбора данных давления на запись;
- производство стадии ГРП, содержащей по меньшей мере две закачки;
- по окончании закачек, выделение из сигнала давления участков осцилляции давления, возникающих после выключения насосов;
- проведение преобработки полученного сигнала полосовым фильтром с целью удаления шумов;
- определение из полученного сигнала времени распространения волны в скважине от точки отражения до датчика давления на устье;
- определение скорости распространения волны, с учетом заданной геометрии скважины, параметров закачиваемой жидкости (температура, плотность);
- определение расстояния между точками отражения волны осцилляции давления в скважине и датчиком давления на устье;
- повторение необходимого количества циклов на последующих стадиях ГРП и по мере их выполнения определение расстояния (глубины событий) между точками

отражения волны осцилляции давления в скважине и датчиком давления на устье с учетом результатов, полученных на предыдущих стадиях.

Технический результат для системы скважин достигается тем, что способ определения зон развития трещин ГРП многостадийного гидроразрыва пласта включает следующую последовательность действий:

- а) проведение многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП), включающего:
 - установку датчика давления на устье скважины и включение устройства сбора данных давления на запись;
 - производство стадии ГРП, содержащей по меньшей мере две закачки;
 - по окончании закачек, выделение из сигнала давления участков осцилляции давления, возникающих после выключения насосов;
 - проведение предобработки полученного сигнала полосовым фильтром с целью удаления шумов;
 - определение из полученного сигнала времени распространения волны в скважине от точки отражения до датчика давления на устье;
 - определение скорости распространения волны, с учетом заданной геометрии скважины, параметров закачиваемой жидкости (температура, плотность);
 - определение расстояния между точками отражения волны осцилляции давления в скважине и датчиком давления на устье;
 - повторение необходимого количества циклов на последующих стадиях ГРП и по мере их выполнения определение расстояния (глубины событий) между точками отражения волны осцилляции давления в скважине и датчиком давления на устье с учетом результатов, полученных на предыдущих стадиях;
- на первой скважине,
- б) перерасчет дизайна МГРП для оставшихся скважин системы с учетом значений интервалов развития трещин, полученных по результатам этапа а),
- в) проведение для следующей скважины системы последовательности действий в соответствии с этапом а),
- г) перерасчет дизайна МГРП для оставшихся скважин системы с учетом значений интервалов развития трещин, полученных по результатам этапов а) и в),
- д) итеративное повторение этапов в) и г) для каждой последующей скважины системы.

Заявляемое техническое решение поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлена принципиальная схема проведения измерений отраженных волн при проведении ГРП, на фиг. 2 - блок-схема проведения обработки сигналов, на фиг. 3 -

данные регистрации колебаний на устье скважины после остановки насосов ГРП при проведении испытаний (частота дискретизации 3 кГц) и соответствующий им спектр вейвлет преобразования, на фиг. 4 - результаты обработки по соответствующим алгоритмам.

Реализацию заявляемого технического решения осуществляют следующим образом.

На устье скважины устанавливают датчик давления и оборудования для сбора данных. Производят по меньшей мере две закачки закачной жидкости, после чего останавливают насосы ГРП. При остановке насосов ГРП в устье скважины датчиком давления регистрируется волна разрежения (гидроудар), а также сигнал, сформированный отраженными волнами. Полученные сигналы обрабатываются при помощи алгоритмов (фиг. 2), а именно: оконного преобразования Фурье, Вейвлет преобразования и Кепстрального преобразования, после чего из полученных результатов за основу берется наиболее оптимальный результат по вычисленной точности, позволяющий позиционировать точку входа закачиваемой жидкости.

В процессе проведения испытаний для определения времени отражения использовались Вейвлет преобразования (фиг. 3). Первые три сигнала соответствуют закачкам в первый интервал скважины (глубины 3600 - 3425 м), остальные три во второй интервал (глубины 3425 - 3325 м). Каждые три сигнала соответствуют следующим операциям ГРП: замещение жидкости, мини-ГРП, основная работа ГРП. В результате обработки получены точки входа жидкости в пласт (фиг. 4), которые с заданной неопределенностью попадают в заданные интервалы создания трещины ГРП. В случаях стимулирования другого интервала, утечек в другом интервале, разрушении пакера и т.п. данные события будут различаться по времени и идентифицированы и локализованы заявляемым способом.

Базовый алгоритм расчета глубины отражения исследуемых событий состоит из следующих шагов:

(1) Записанный сигнал давления частотой до 3000 отчетов в секунду (герц) фильтруется с целью удаления шумов из полезного сигнала. Фильтр подбирается из условий минимального искажения формы полезного сигнала вдоль временной оси.

(2) Весь полученный сигнал анализируется на предмет наличия отражений от известных по положению глубины событий и отражений от исследуемых событий.

(3) Участки с отражениями обрабатываются при помощи алгоритмов, а именно: оконного преобразования Фурье, Вейвлет преобразования и Кепстрального преобразования, после чего из полученных результатов за основу берется наиболее

оптимальный результат по вычисленной точности, позволяющий позиционировать точку входа закачиваемой жидкости. На этом этапе вычисляются времена и их неопределенности прохождения отражения от события до датчика давления.

(4) Полученные результаты по предыдущему пункту (времена прохождения отражения сигнала) используются для вычисления глубины события совместно со скоростью распространения (СР) волны отражения. СР может определяться несколькими способами: по отражениям от объектов заведомо известной глубины (например, переход с трубы одного диаметра на другой); по известным статистическим данным с соседних однотипных скважин с учетом температурного режима и используемых давлений в жидкости; с использованием начальных физических приближений скорости; с использованием оптимизационных, статистических и вероятностных алгоритмов; с использованием прямого физико-математического моделирования распространения волны отражения. Все методы определения СР в настоящем пункте могут быть использованы одновременно для графического и алгоритмического сопоставления найденных решений с известными реперными точками на скважине (например, положения пакеров, перехода диаметров труб, положения портов, глубины создания перфораций и других элементов конструкции скважины) и далее для определения наиболее вероятных глубин отражения исследуемых событий.

В случаях проведения МГРП на объединенной системе скважин (куст, месторождение) реализацию способа осуществляют следующим образом.

Проводят весь комплекс мероприятий МГРП для первой скважины системы.

Далее производят перерасчет базовых параметров МГРП для всех оставшихся скважин системы с учетом значений интервалов развития трещин, полученных в реальности на первой скважине по результатам комплекса МГРП на ней.

После этого производят комплекс мероприятий МГРП для следующей скважины системы и перерасчет параметров для оставшихся скважин системы, пока не будут проведены МГРП на всех скважинах системы.

При помощи заявленного способа возможно определять:

- зоны развития трещин ГРП,
- негерметичность пробки-отсекателя и эксплуатационной колонны,
- наличие перетоков по заколонным пакерам,
- подтверждение открытия порта ГРП в заданной зоне,
- определение наличия приемистости жидкости ниже порта ГРП (“прострел шара”, разрушение муфты ГРП),

- подтверждение закачки ГРП в заданный интервал (компоновки с закрываемыми портами) при проведении повторных МГРП,

- определение работы отклонителя при повторных ГРП на не закрываемые порты/зоны перфорации.

Заявляемое изобретение также по записи данных давления позволяет проводить контроль перфорационных выстрелов (наличие выстрела и его сравнительная амплитуда).

Кроме того, в изобретении возможно использование второго датчика давления, размещенного на поверхности, на известном расстоянии от основного датчика (расположенного на устье скважины) и используемого для калибровки скорости распространения акустической волны в скважине в качестве дополнительного источника информации.

Формула

1. Способ определения зон развития трещин многостадийного гидроразрыва пласта (ГРП), включающий следующую последовательность действий:

- установку датчика давления на устье скважины и включение устройства сбора данных давления на запись;
- производство стадии ГРП, содержащей по меньшей мере две закачки;
- по окончании закачек, выделение из записанного сигнала давления участков осцилляции давления, возникающих после выключения насосов;
- проведение предобработки полученного сигнала полосовым фильтром с целью удаления шумов;
- определение из полученного сигнала времени распространения волны в скважине от точки отражения до датчика давления на устье;
- определение скорости распространения волны с учетом заданной геометрии скважины, параметров закачиваемой жидкости: температура, плотность;
- определение расстояния между точками отражения волны осцилляции давления в скважине и датчиком давления на устье;
- повторение необходимого количества циклов на последующих стадиях ГРП и по мере их выполнения определение расстояния - глубины событий между точками отражения волны осцилляции давления в скважине и датчиком давления на устье с учетом результатов, полученных на предыдущих стадиях.

2. Способ определения зон развития трещин ГРП многостадийного гидроразрыва пласта включает следующую последовательность действий:

- а) проведение многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП), включающего:
- установку датчика давления на устье скважины и включение устройства сбора данных давления на запись;
 - производство стадии ГРП, содержащей по меньшей мере две закачки;
 - по окончании закачек, выделение из сигнала давления участков осцилляции давления, возникающих после выключения насосов;
 - проведение предобработки полученного сигнала полосовым фильтром с целью удаления шумов;
 - определение из полученного сигнала времени распространения волны в скважине от точки отражения до датчика давления на устье;
 - определение скорости распространения волны, с учетом заданной геометрии скважины, параметров закачиваемой жидкости (температура, плотность);

- определение расстояния между точками отражения волны осцилляции давления в скважине и датчиком давления на устье;

- повторение необходимого количества циклов на последующих стадиях ГРП и по мере их выполнения определение расстояния (глубины событий) между точками отражения волны осцилляции давления в скважине и датчиком давления на устье с учетом результатов, полученных на предыдущих стадиях;

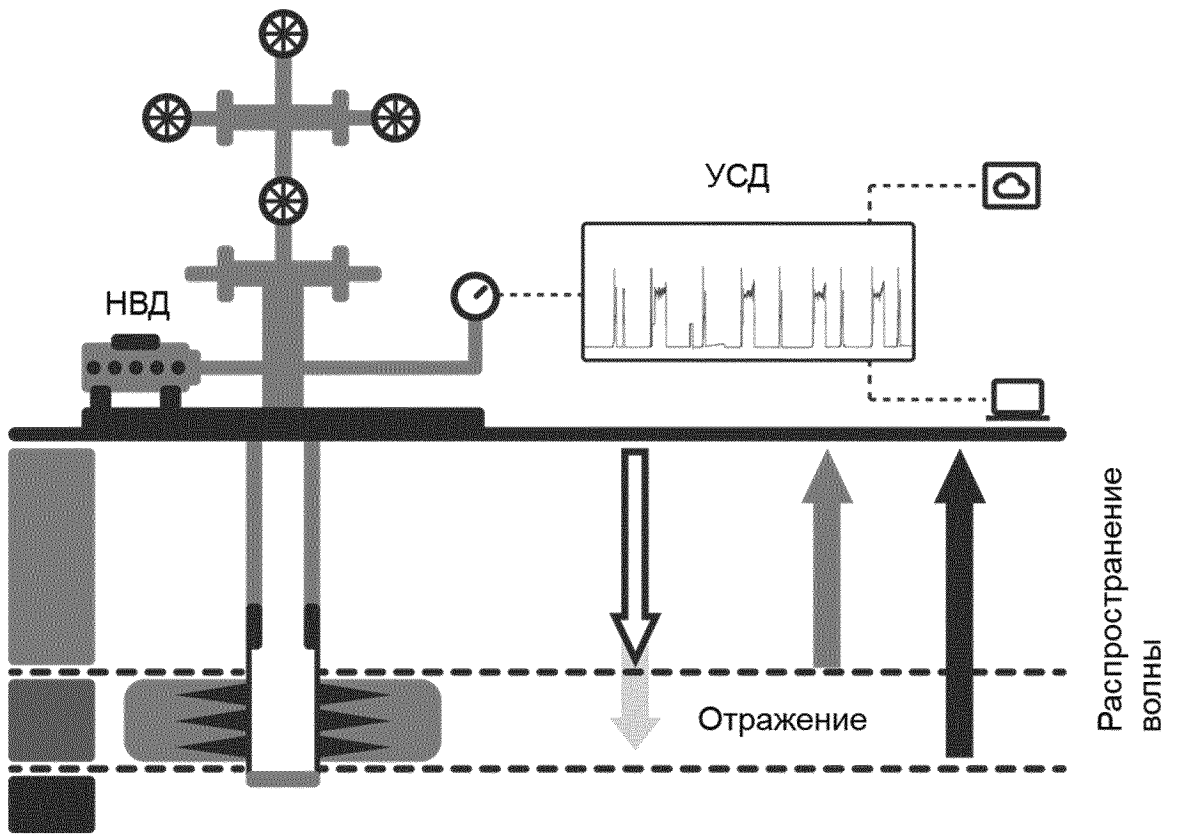
на первой скважине,

б) перерасчет дизайна МГРП для оставшихся скважин системы с учетом значений интервалов развития трещин, полученных по результатам этапа а),

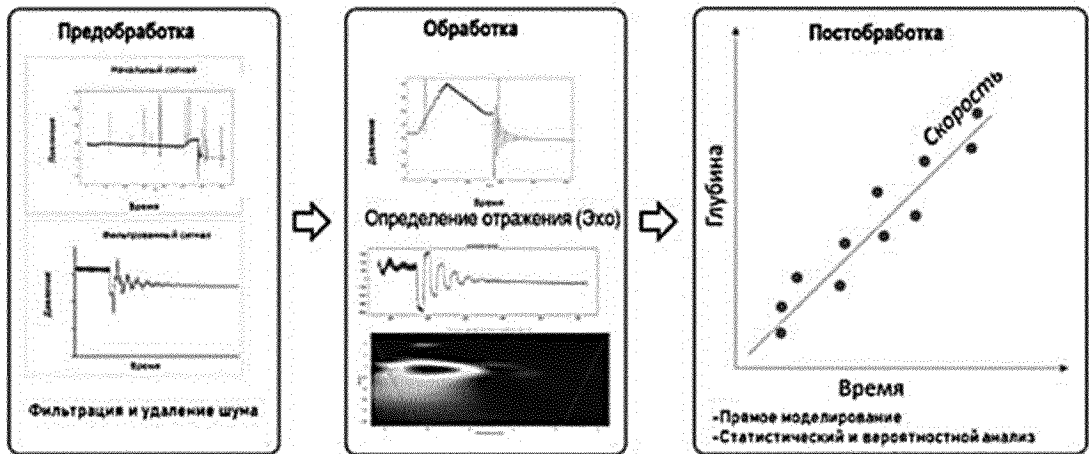
в) проведение для следующей скважины системы последовательности действий в соответствии с этапом а),

г) перерасчет дизайна МГРП для оставшихся скважин системы с учетом значений интервалов развития трещин, полученных по результатам этапов а) и в),

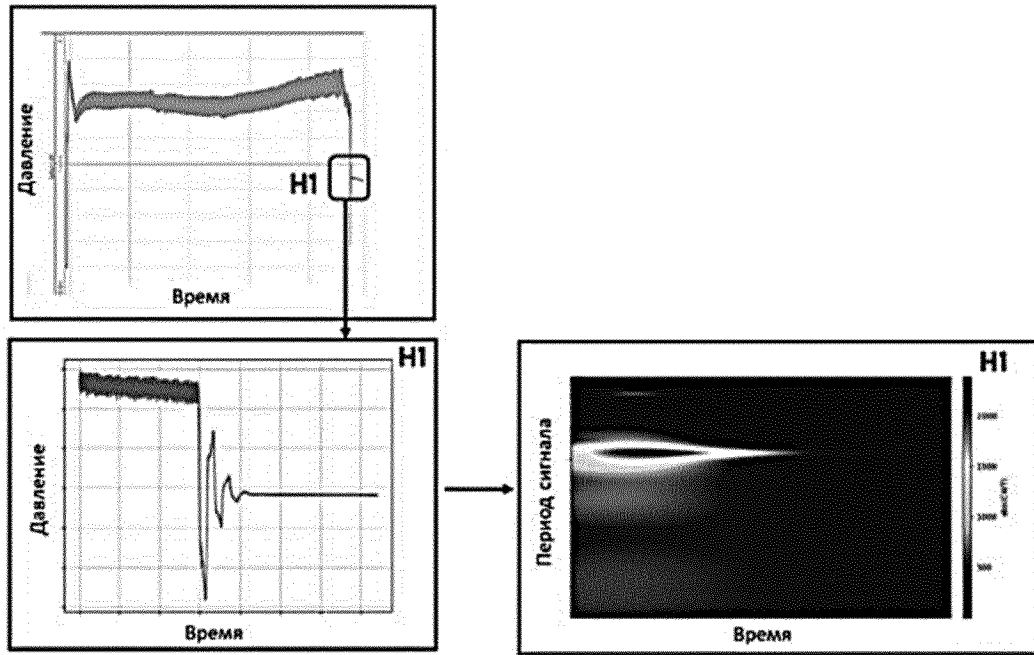
д) итеративное повторение этапов в) и г) для каждой последующей скважины системы.



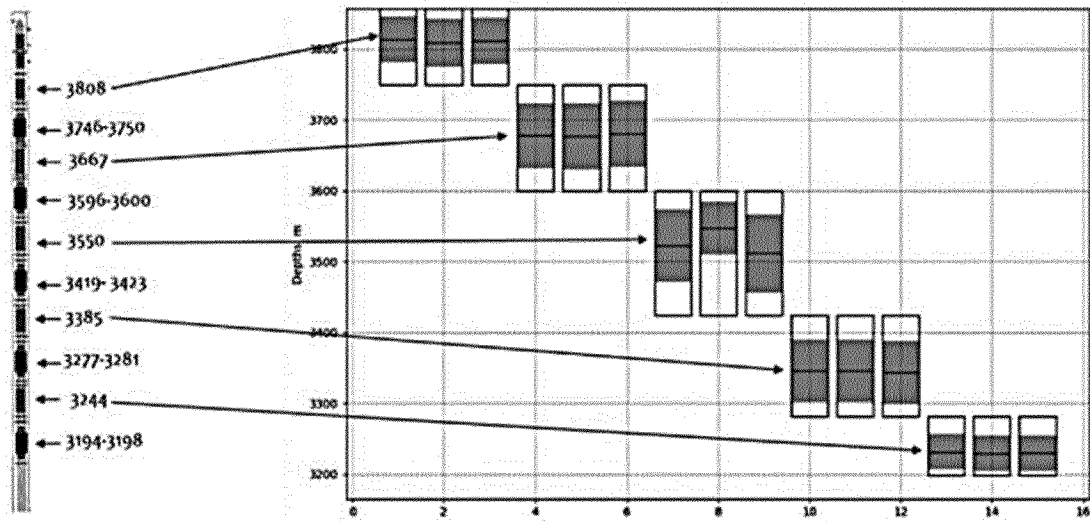
Фиг.1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4