



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2011102811/28**, **26.01.2011**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**26.01.2011**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **26.01.2011**(43) Дата публикации заявки: **10.08.2012** Бюл. № 22(45) Опубликовано: **20.05.2013** Бюл. № 14(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2008111235 А**, **27.09.2009**. **RU 2313112 С1**, **20.12.2007**. **RU 2155977 С1**, **10.09.2000**. **RU 2145108 С1**, **27.01.2000**. **US 6502037 В1**, **31.12.2002**.

Адрес для переписки:

**109316, Москва, Волгоградский пр-т, 47,  
ОАО НПО "Нафтаком"**

(72) Автор(ы):

**Каширских Михаил Федорович (RU),  
Карнаухов Сергей Михайлович (RU),  
Елманов Михаил Иванович (RU),  
Веселов Алексей Константинович (RU),  
Смирнова Ирина Александровна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Каширских Михаил Федорович (RU),  
Карнаухов Сергей Михайлович (RU),  
Елманов Михаил Иванович (RU),  
Веселов Алексей Константинович (RU),  
Смирнова Ирина Александровна (RU)****(54) СПОСОБ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к геофизическим методам разведки. Заявлен способ геофизической разведки для сред с акустическим жестким слоем в покрывающей толще геологического разреза. Способ включает регистрацию сейсмических волн, преломленных на кровле жесткого слоя или отраженных от нее. В дополнение к сейсмическим изысканиям в рамках заявленного способа осуществляют регистрацию гравитационного поля вдоль сейсмических профилей. В пределах этого поля выделяют гравитационные аномалии, по гравитационным аномалиям картируют положение вертикальных контактов, расположенных в пределах жесткого слоя. По корреляционным зависимостям между сейсмическими скоростями и плотностями определяют плотности участков жесткого

слоя, разделенных контактами, и определяют путем решения обратной гравиметрической задачи мощность участков жесткого слоя, по которым судят о положении подошвы жесткого слоя. Величину сейсмической скорости, определенную в жестком слое известными способами сейсморазведки, а также мощность слоя, определенную предлагаемым способом на основе гравитационных данных, вводят в сейсмическую модель, используемую для формирования изображения среды путем миграции сейсмических волн, отраженных от границ, расположенных под жестким слоем. Технический результат: повышение надежности изучения глубоких отражающих сейсмических границ путем учета влияния высокоскоростных неоднородностей верхней части разреза. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2011102811/28, 26.01.2011**(24) Effective date for property rights:  
**26.01.2011**

Priority:

(22) Date of filing: **26.01.2011**(43) Application published: **10.08.2012 Bull. 22**(45) Date of publication: **20.05.2013 Bull. 14**

Mail address:

**109316, Moskva, Volgogradskij pr-t, 47, OAO  
NPO "Naftakom"**

(72) Inventor(s):

**Kashirskikh Mikhail Fedorovich (RU),  
Karnaukhov Sergej Mikhajlovich (RU),  
Elmanov Mikhail Ivanovich (RU),  
Veselov Aleksej Konstantinovich (RU),  
Smirnova Irina Aleksandrovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Kashirskikh Mikhail Fedorovich (RU),  
Karnaukhov Sergej Mikhajlovich (RU),  
Elmanov Mikhail Ivanovich (RU),  
Veselov Aleksej Konstantinovich (RU),  
Smirnova Irina Aleksandrovna (RU)**(54) **GEOPHYSICAL SURVEY METHOD**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: disclosed is a geophysical survey method for media with an acoustic hard layer in the overburden of a geologic profile. The method involves detection of seismic waves refracted on or reflected from the cover of the hard layer. In addition to seismic survey, the disclosed method involves detection of the gravitational field along seismic profiles. Gravitational anomalies are detected within this field and the position of vertical contacts lying within the hard layer are mapped based on the gravitational anomalies. Correlation relationships between seismic velocities and densities are used to determine density of sections of the hard layer separated by contacts and

the capacity of the sections of the hard layer, from which the position of the bottom of the hard layer is determined, is determined by solving the inverse gravimetric problem. The value of seismic velocity, determined in the hard layer using known seismic survey methods, as well as the capacity of the layer determined using the disclosed method based on gravitational data, is entered into a seismic model used to image the medium by migration of seismic waves reflected from boundaries lying under the hard layer.

EFFECT: high reliability investigating deep reflecting seismic boundaries by taking into account the effect of high-speed non-uniformities of the top part of the section.

2 cl, 3 dwg

Изобретение относится к геофизической разведке комплексом методов, включающим сейсморазведку и гравиразведку, и может быть использовано при поисково-разведочных работах на нефть и газ.

Методика поисков углеводородов в нефтегазовой геофизике связана с выявлением локальных поднятий, к которым могут быть приурочены месторождения (ловушки) нефти и газа, а также неструктурных ловушек углеводородов.

Поиски антиклинальных (выпуклых) геологических структур и рифогенных выступов проводятся в основном сейсморазведкой на отраженных волнах, подчиненное значение имеют гравиразведка, магниторазведка, электроразведка. Наибольшей разрешающей способностью отличается сейсморазведка, позволяющая выделять малоамплитудные поднятия с точностью до первых процентов от глубины залегания. Неструктурные, или неантиклинальные, ловушки углеводородов, где определяющим является литологический фактор, являются основным объектом прямых поисков углеводородов геофизическими методами, позволяющих оценить нефтегазоносность выявленных объектов (включая также и структурные объекты) до их вскрытия дорогостоящими глубокими буровыми скважинами. Физическими предпосылками методов прямых поисков и разведки месторождений нефти и газа являются установленные особенности физических свойств нефтегазонасыщенных пород-коллекторов по сравнению с водонасыщенными и проявление этих особенностей в наблюдаемых параметрах геофизических полей. Над нефтяной залежью на фоне обычно наблюдаемого максимума, вызванного непосредственно присутствием антиклинальной структуры, могут быть получены локальные гравитационные минимумы, обусловленные разуплотнением пород, содержащих нефть и газ, как следствие наличия углеводородов, так и повышения пористости, а также разрушенности пород в своде антиклинали. Однако потенциальные возможности сейсморазведки не вполне реализуются в сложных сейсмогеологических условиях, отличающихся, прежде всего, присутствием неоднородностей в верхней толще разреза.

Одним из основных методических вопросов, с которым связаны качество и надежность результатов сейсморазведки, является исключение влияния неоднородностей верхней части разреза (ВЧР). От успешности учета искажений времен прихода отраженных волн зависит эффективность применения метода общей глубинной точки (МОГТ) - основного поискового метода сейсморазведки. Компенсация аномальных временных сдвигов сейсмических сигналов наибольшие затруднения вызывает в сложных условиях с резко неоднородным строением ВЧР, характерных для районов Восточной Сибири. Наличие в ВЧР сложно построенных интрузий, трапповых тел и туфогенных образований, значительно отличающихся по физическим свойствам от вмещающих пород, приводит здесь к существенным искажениям времен регистрации глубинных полезных отражений, вследствие чего резко снижается информативность сейсморазведки. В целом же постановка поисковых сейсморазведочных работ в геологических бассейнах с развитием траппового магматизма является серьезной проблемой не только для Восточной Сибири.

Установлено, что при резко неоднородном строении ВЧР мощностью до 1000 м, обусловленном развитием траппов, невозможно определение априорных статических поправок с необходимой точностью по косвенным сейсморазведочным данным, получаемым путем применения известных методов (МСК, МПВ, зондирование ЗМС). Оказалось, что в этих условиях единственным надежным источником информации об искажениях годографов отраженных волн могут быть только сами отраженные

волны (Захарова, 1995). Однако очевидны недостатки и такого способа учета неоднородностей верхней части разреза, обусловленные неоднозначностью разделения глубинных и приповерхностных факторов, влияющих на прослеживаемость глубинных отражений. Основное противоречие данного подхода состоит в том, что изменение мощности блоков приповерхностных жестких траптовых пород может восприниматься как изменение геометрии отражающих границ. Если же наблюдаемые в годографах отраженных волн статические сдвиги приписать подвижкам приповерхностных блоков жестких траптовых пород или изменению их мощности, то можно тем самым ошибочно сгладить особенности отражающих границ, представляющих разведочный интерес.

Известны способы сейсмической разведки для сред с акустически жесткими слоями в покрывающей толще геологического разреза, присутствие которых в верхней части геологического разреза приводит к неоднозначности в разделении поверхностного и глубинного факторов (Козырев и др., 2003). Для устранения неоднозначности в таких случаях необходимо привлечение дополнительной информации, причем в качестве одного из выходов в столь противоречивой ситуации признано целесообразным привлечение других геофизических методов (там же, с.201).

Наиболее близким прототипом к изобретению является способ сейсморазведки малых глубин, в котором путем комплексирования преломленных и отраженных волн получают информацию о мощностях верхней части разреза во всем диапазоне их изменения (Палагин, Попов и Дик, 1989). Недостатком данного известного способа является возможность при помощи него проследить лишь подошву рыхлых отложений, подстилаемых жесткими породами, на которых формируются преломленные волны, регистрируемые на земной поверхности. Подошва же жестких слоев при этом не прослеживается, поскольку на ней не формируются преломленные (головные) волны, регистрируемые на земной поверхности, а отраженные волны, приуроченные к подошве жесткого слоя, выделить уверенно не удастся из-за волн-помех, сформированных в самой верхней покрывающей толще, а также из-за экранирующего влияния жесткого слоя. Тектонические нарушения, широко распространенные в условиях траптового магматизма, еще больше затрудняют прослеживание подошвы жесткого слоя и определение его мощности с целью введения соответствующих поправок на неоднородность ВЧР в сейсмические записи, по которым нужно исследовать более глубокие отражающие горизонты.

Цель изобретения - повышение надежности изучения глубоких отражающих сейсмических границ путем учета влияния высокоскоростных неоднородностей верхней части разреза.

Поставленная цель достигается тем, что в способе геофизической разведки для сред с акустически жестким слоем в покрывающей толще геологического разреза, например пластовым телом траппа, включающем определение глубины кровли жесткого слоя путем регистрации сейсмических волн, преломленных на кровле жесткого слоя или отраженных от нее, вдоль наземных сейсмических профилей, дополнительно регистрируют гравитационное поле, выделяют гравитационные аномалии, по гравитационным аномалиям картируют положение вертикальных контактов, расположенных в пределах жесткого слоя, по корреляционным зависимостям между сейсмическими скоростями и плотностями определяют плотности участков жесткого слоя, разделенных контактами, и определяют путем решения обратной гравиметрической задачи мощность участков жесткого слоя, по которым судят о положении подошвы жесткого слоя. В одном из конкретных воплощений

предлагаемого способа величину скорости в пределах жесткого слоя и его мощность, уточненную на основе гравитационных аномалий, вводят в сейсмическую модель, используемую для формирования изображения среды путем миграции сейсмических волн, отраженных от границ, расположенных под жестким слоем.

5 Суть изобретения состоит в следующем.

Присутствие в верхней части разреза высокоскоростных (акустически жестких) слоев приводит к существенным искажениям годографов волн, отраженных от сейсмических границ, расположенных на большой глубине. При этом искажения  
10 годографов волн, отраженных от границ, расположенных на различной глубине, будут различными из-за того, что углы прохождения прямых и отраженных волн в жестком слое при этом велики и существенно различаются между собой. В случае приповерхностных низкоскоростных рыхлых отложений, в которых лучи отраженных волн практически вертикальны независимо от глубины отражающей границы,  
15 введение статических поправок обеспечивает улучшение прослеживаемости всех глубинных отражений и последующее формирование качественных изображений геологической среды. Однако в случае присутствия высокоскоростных неоднородностей введение статики в сейсмические записи оказывается  
20 неэффективным, поскольку временной сдвиг в годографах, обусловленный присутствием жесткого слоя, будет зависеть от времени регистрации отраженной волны. По существу при этом требуется введение не статических, а кинематических поправок в записи отраженных волн. Наиболее оптимальным решением в случае присутствия в верхней части разреза акустически жесткого слоя будет введение этого  
25 слоя в модель среды, которая принимается в учет при преобразовании записей отраженных волн в изображения среды. Однако для введения в модель среды жесткого слоя требуется знать его параметры - скорость и мощность. Скорость в жестком слое и глубину залегания его кровли можно, как отмечено выше, определить  
30 путем использования известных способов наземной и скважинной сейсмической разведки. Для определения мощности жесткого слоя предлагается проводить вдоль сейсмических профилей гравиметрические наблюдения и по известной плотности жесткого слоя, определенной по корреляционной зависимости плотности от сейсмической скорости, определять мощность жесткого слоя путем решения обратной  
35 гравиметрической задачи.

Изобретение осуществляется путем следующей последовательности операций.

1. Вдоль сейсмических профилей проводят специальные работы методом преломленных волн (МПВ) и/или методом отраженных волн, направленные на  
40 изучение верхней части разреза (ВЧР), а также (при возможности) сейсмокаротажные исследования ВЧР. Результатом этих исследований является скоростная модель ВЧР вдоль сейсмического профиля, включающая информацию о скоростях в рыхлых приповерхностных отложениях, геометрии подошвы этих отложений, а также о скоростях в подстилающем эти отложения акустически жестком (высокоскоростном)  
45 слое.

2. По скоростям волн в жестком слое путём их пересчета по существующим эмпирическим зависимостям определяют распределение плотностей вдоль сейсмического профиля в пределах рыхлой покрывающей толщи и жесткого слоя.

3. Вдоль сейсмических профилей дополнительно проводят гравиметрические работы, в результате которых по известным значениям плотностей для рыхлых отложений и подстилающего эти отложения жесткого слоя находят путем решения  
50 обратной гравиметрической задачи с учетом априорной геологической информации

мощность жесткого слоя в пределах каждого из блоков жесткого слоя, разделенного от соседнего блока тектоническим нарушением. Местоположение тектонического нарушения определяют при этом по аномальному поведению гравитационного поля, наблюдаемого вдоль каждого из сейсмических профилей.

5 Определение мощности жесткого слоя по гравиметрическим данным опирается на традиционный подход, который основывается на установлении корреляционной связи между величиной аномального гравитационного поля и мощностью изучаемых  
10 отложений. Этот подход не является единственным способом определения мощности жесткого слоя. В качестве одного из классических подходов может быть рекомендовано решение обратной задачи для контактной поверхности с применением метода Тсубои-Томода, который позволяет определять отклонение глубины залегания поверхности от ее среднего значения (Филатов, 1972; Манаков и др., 2003). Кроме  
15 того, существует ряд других методов решения обратных задач, в том числе получившие в настоящее время распространение методы интерактивного компьютерного моделирования плотностного разреза.

4. Параметры жесткого слоя (сейсмическую скорость в нем и мощность, изменяющиеся вдоль сейсмического профиля) вводят в сейсмическую модель наряду  
20 со статическими поправками, учитывающими рельеф дневной поверхности и сейсмическую скорость в рыхлых отложениях, расположенных выше линии приведения для сейсморазведочных данных.

5. Преобразуют сейсмические записи путем модель-базированной миграции в изображение геологической среды.

25 6. На изображении геологической среды, полученном по данным сейсморазведки, выделяют объекты, представляющие разведочный интерес.

От известных подходов к комплексированию сейсморазведки и гравиразведки изобретение отличается тем, что результаты сейсморазведки получают не отдельно  
30 от результатов гравиразведки, а непосредственно путем проведения дополнительных гравиметрических наблюдений на сейсмических профилях с коррекцией сейсмической модели посредством учета мощностей высокоскоростных неоднородностей верхней части разреза по данным гравиразведки. Тем самым в предлагаемом способе геофизической разведки достигается сверхсуммарный эффект.

35 Положительный эффект в изобретении достигается путем определения параметров высокоскоростных неоднородностей, расположенных в верхней части разреза, при помощи гравиразведки.

Предлагаемое изобретение было положено в основу технологии, использованной  
40 на ряде месторождений и нефтеперспективных объектов.

В качестве примера приведем вариант обработки данных с использованием данных высокоточных гравиметрических наблюдений на одном из сейсмических профилей 2D МОГТ в зоне развития долеритовых траппов в западной части Присяяно-Енисейской синеклизы на юге Сибирской платформы.

45 Пример. На фиг.1 цифрами обозначено: 1 - годограф, снятый с исходной сейсмограммы общего пункта взрыва (ОПВ) без коррекции статических поправок; 2 - с коррекцией посредством так называемой «априорной статики», рассчитанной на основе отметок рельефа дневной поверхности и средней (постоянной) скорости  
50 поверхностных отложений  $V=2000$  м/с.

На фиг.2 цифрой 3 обозначен тот же годограф ОПВ, но со статическими поправками, определенными на основе скоростной модели, полученной в результате томографического преобразования «первых вступлений» преломленных волн в

программном комплексе FATHOM.

На следующем этапе с использованием программы компьютерного моделирования выполнялась интерактивная корректировка скоростного разреза путем определения мощности высокоскоростного слоя (редактирование подошвы траппового слоя), руководствуясь критерием согласования локальных аномалий силы тяжести и расчетного гравитационного поля. Расчетное гравитационное поле получается путем решения двумерной гравиметрической прямой задачи после преобразования скоростного разреза в значения плотности с использованием установленных подбором (для данного района) соотношений между скоростями и плотностями отложений.

На фиг.3 цифрой 4 обозначен годограф ОПВ, в котором учтена статика, определенная на основании уточненного по гравитационным аномалиям скоростного разреза, полученного в соответствии с предлагаемым способом. Можно видеть, что этот результат существенно отличается от приведенных выше, свидетельствуя об осуществимости предлагаемого способа и достижимости поставленной цели. В результате этого целевое отражение стало прослеживаться наиболее надежно. Ясно, что преобразование сейсмограмм в изображение среды путем миграции записей, в которых скомпенсировано искажающее влияние неоднородностей, расположенных в верхней толще разреза, обеспечивает более надежный геологический результат по сравнению с известными аналогами и прототипом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Захарова Г.А., 1995, Методика выявления и учета временных сдвигов сейсмических отражений в районах сверхсложного строения верхней части разреза (на примере Восточной Сибири): Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, с.24.

2. Козырев В.С., Жуков А.П., Коротков И.П., Жуков А.А., Шнеерсон М.Б., 2003, Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. Современные технологии: М., Недра, с.227.

3. Манаков А.В., Матросов В.А., Утюпин Ю.В., Зайцевский Ф.К., Глушков Е.Н., 2003, Изучение мощности мезозойских отложений в Накынском кимберлитовом поле по гравиметрическим данным: Вестник Воронежского университета. Геология, 2, с.172-178.

4. Палагин В.В., Попов А.Я., Дик П.И., 1989, Сейсморазведка малых глубин: М., Недра, с.209.

5. Филатов В.Г., 1972, Применение метода Тсубои в обратных задачах гравиразведки: Прикладная геофизика, 68, 56-70.

#### Формула изобретения

1. Способ геофизической разведки для сред с акустически жестким слоем в покрывающей толще геологического разреза, например, пластовым телом траппа, включающий определение глубины кровли жесткого слоя путем регистрации сейсмических волн, преломленных на кровле жесткого слоя или отраженных от нее, вдоль наземных сейсмических профилей, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности изучения глубоких отражающих сейсмических границ путем учета влияния высокоскоростных неоднородностей верхней части разреза, дополнительно регистрируют вдоль сейсмических профилей гравитационное поле, выделяют гравитационные аномалии, по гравитационным аномалиям картируют положение вертикальных контактов, расположенных в пределах жесткого слоя, по

корреляционным зависимостям между сейсмическими скоростями и плотностями определяют плотности участков жесткого слоя, разделенных контактами, и определяют путем решения обратной гравиметрической задачи мощность участков жесткого слоя, по которым судят о положении подошвы жесткого слоя.

5 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что величину скорости в пределах жесткого слоя и его мощность, уточненную на основе гравитационных аномалий, вводят в сейсмическую модель, используемую для формирования изображения среды путем миграции сейсмических волн, отраженных от границ, расположенных под жестким  
10 слоем.

15

20

25

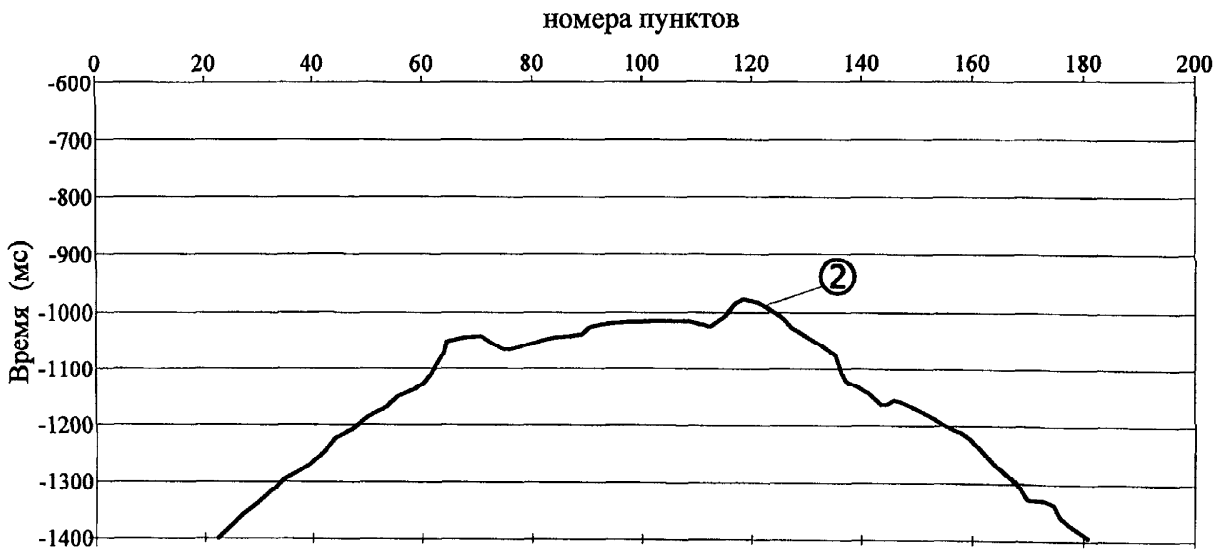
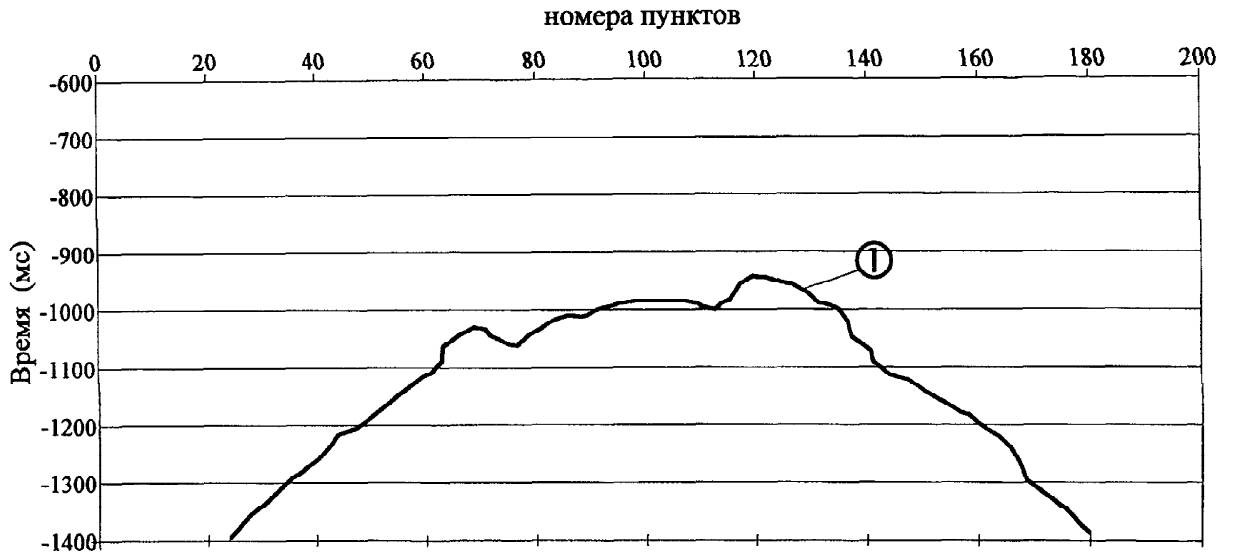
30

35

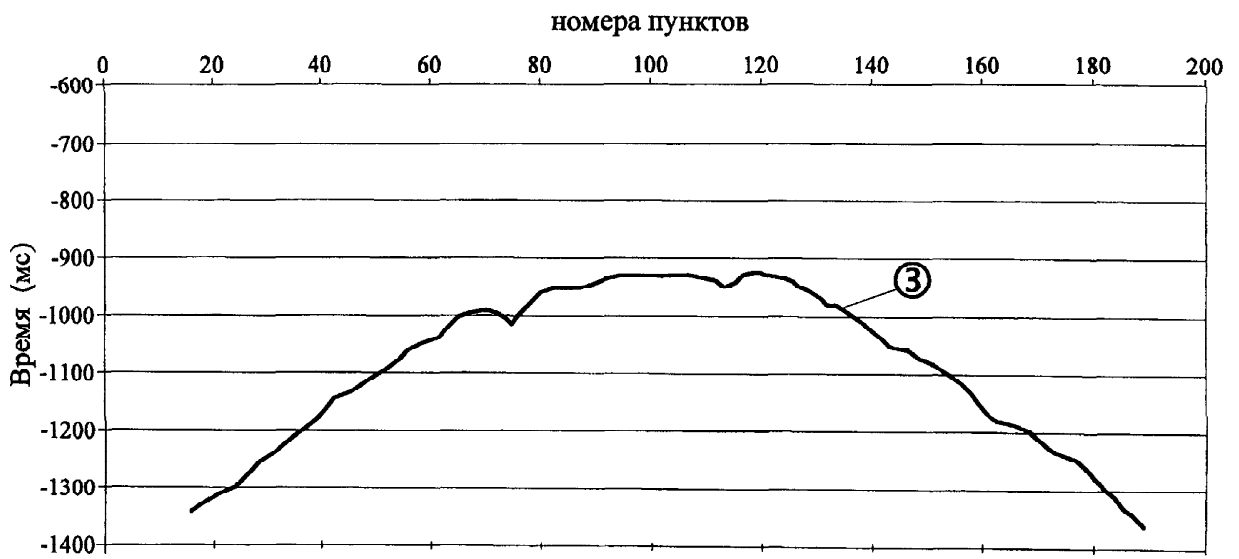
40

45

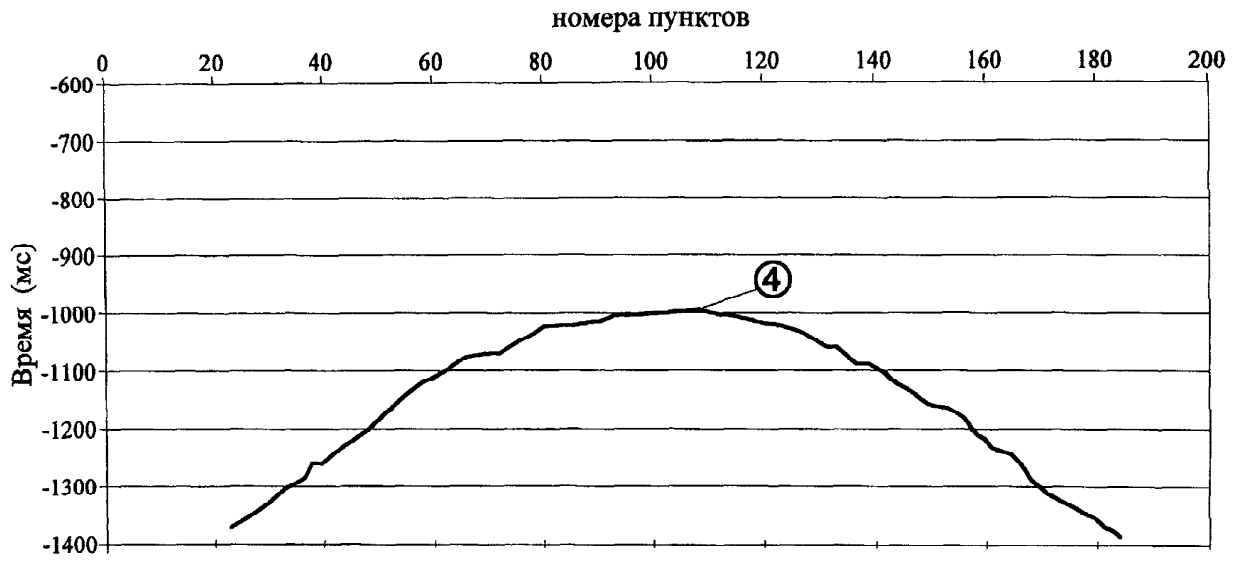
50



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3