



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ПАТЕНТАМ  
И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ  
(РОСПАТЕНТ)

**ПАТЕНТ**

№ 2085975

на ИЗОБРЕТЕНИЕ

"Способ прогнозирования зон развития вторичных коллекторов в фундаменте"

Патентообладатель (ли): Акционерное общество закрытого типа "Эколого-Инженерный центр"

Автор (авторы): Зубков Михаил Юрьевич

Приоритет изобретения 12 июля 1994г.

Дата поступления заявки в Роспатент 12 июля 1994г.

Заявка № 94025989

Зарегистрирован в Государственном  
реестре изобретений 27 июля 1997г.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РОСПАТЕНТА





(19) RU (11) 2085975 (13) C1

(51) 6 G 01 V 9/00

Комитет Российской Федерации  
по патентам и товарным знакам

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Российской Федерации

1

(21) 94025989/25 (22) 12.07.94  
(46) 27.07.97 Бюл. № 21  
(72) Зубков М.Ю.  
(71) (73) Акционерное общество закрытого типа "Эколого-Инженерный центр"  
(56) 1. Кирсанов В.В. Отчет сейсморазведочной партии 8/86-87 о результатах детализационных работ МОВ ОГТ М : 1 : 50000, проведенных в 1986 - 1987 гг. на Северо-Варьганской площади в Нижневартовском районе Хантымансийского автономного округа Тюменской области.-ТНГФ, Тюмень, 1988, с.86 и 87, 101 - 106.  
2. Шутько С.Ю., Кирьянова Н.И. Новые данные о приконтактной зоне платформенного чехла и палеозойских образований Северо-Варьганского и Варьганского месторождений. Геология нефти и газа. - 1989, N 11, с.14 - 16.

2

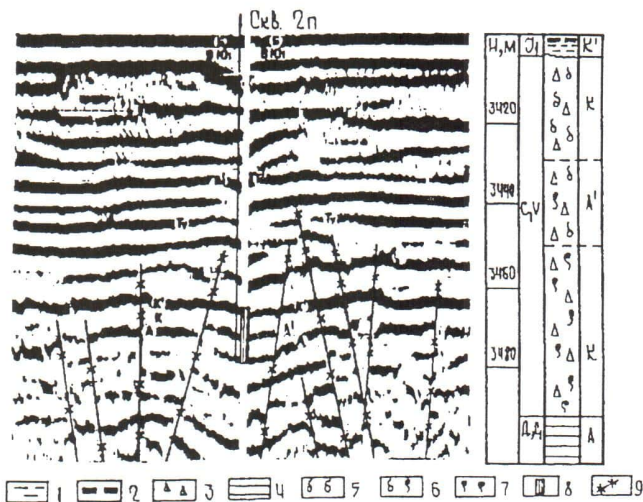
(54) СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОН РАЗВИТИЯ ВТОРИЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ФУНДАМЕНТЕ

(57) Использование: для поисков углеводородных залежей в фундаменте под осадочным чехлом плиты, а также для количественной оценки запасов нефти и газа во вторичных коллекторах. Сущность изобретения: проводят геолого-геофизические исследования в скважинах, по результатам литолого-петрофизических исследований определяют наиболее вероятный генезис вторичных коллекторов, на основе которого выделяют литотипы, определяют скорость распространения продольных волн в выделенных литотипах и в развивающихся по ним вторичных коллекторах, выделяют сейсмогоризонт между отражением от подошвы осадочного чехла и отражением в кровельной части фундамента, определяют интервал времени между отра-

RU

2085975

C1



Фиг. 1

C1

2085975

RU

женными волнами, ограничивающими выделенный сейсмогоризонт, зоны максимального интервала времени рассматривают как уча-

стки наиболее вероятного развития вторичных коллекторов. 2 ил., 1 табл.

Изобретение относится к геологии и может быть использовано для поисков углеводородных залежей в фундаменте под осадочным чехлом плиты, а также для количественной оценки запасов нефти и газа, содержащихся во вторичных коллекторах.

Известен способ прогноза пород-коллекторов в составе кровельной части фундамента, включающий интерпретацию изменений интервала времени между отражениями в базальной части осадочного чехла [1].

Недостатком способа является то, что на его основе некорректно выполнена привязка отражающих границ и выделяемые базальные терригенные коллекторы на самом деле являются вторичными коллекторами (ВК), которые развиты не в подошве осадочного чехла, а в фундаменте. Для подтверждения механизма формирования коллектора и корректной привязки отражающих границ на сейсмодновременных разрезах необходимы литолого-петрофизические исследования керна.

Наиболее близким техническим решением, взятым за прототип, является способ прогнозирования зон развития ВК в фундаменте, включающий интерпретацию сейсмических отраженных волн, привязанных к подошве осадочного чехла и нижележащим акустическим границам с учетом данных геолого-геофизических исследований в скважинах [2].

Недостаток способа, принимаемого за прототип, заключается в его низкой достоверности, обусловленной тем, что в качестве ВК рассматриваются лишь коры выветривания, на выявлении свойств которых и сосредоточены геологические и геофизические исследования в скважинах.

Известно, что коры выветривания сложены главным образом глинистыми минералами, полуторными окислами и гидроокислами, имеющими низкие фильтрационно-емкостные свойства и потому не могущие быть коллекторами и содержать углеводородные залежи.

Для подтверждения механизма формирования коллектора так же, как в аналоге, необходимы литолого-петрофизические исследования образцов керна, а также требуется провести привязку отражающих границ внутри фундамента для уточнения нижней границы распространения ВК и фазового состояния флюидов, насыщающих его.

Задача изобретения - повышение достоверности способа прогнозирования зон развития ВК.

Задача достигается тем, что в известном способе прогнозирования зон развития ВК в

фундаменте, включающем интерпретацию сейсмических отраженных волн, привязанных к подошве осадочного чехла и одной нижележащей акустической границе с учетом данных геолого-геофизических исследований в скважинах, проводят литолого-петрофизические исследования, с помощью которых определяют наиболее вероятный генезис вторичных коллекторов, на основе чего выделяют литотипы, по которым происходит формирование вторичных коллекторов и определяют площадь развития этих литотипов в пределах рассматриваемого месторождения, определяют скорость распространения продольных волн в выделенных литотипах и в развивающихся по ним вторичных коллекторах, выделяют сейсмогоризонт между отражением от подошвы осадочного чехла и отражением в кровельной части фундамента, с учетом полученных литолого-петрофизических и скоростных характеристик проводят количественную интерпретацию изменений интервала времени между отраженными волнами, ограничивающими выделенный сейсмогоризонт, и зоны максимального интервала времени рассматривают как участки наиболее вероятного развития вторичных коллекторов.

На фиг.1 приведены временной сейсмический разрез, проходящий через скважину и ее литолого-стратиграфический разрез, отвечающий интервалу залегания сейсмогоризонта К между верхней К1 отражающей границей и нижней А отражающей границей, включающего дополнительное отражение А1, где 1 - глины, 2 - угли, 3 - вторичный коллектор (гидротермальные силициты), 4 - известковистые сланцы, 5 - газ, 6 - газо-нефтяная переходная зона, 7 - нефть, 8 - расположение на временном разрезе литолого-стратиграфической колонки, изображенной справа от него, 9 - разрывные нарушения.

На фиг. 2 показана схема расположения прогнозируемых площадей развития вторичных коллекторов, где 10 - прогнозируемые зоны развития ВК, 11 - расположение скважин, 12 - площадь распространения потенциально продуктивных литотипов (ППЛ).

Способ реализуют следующим образом.

На выбранной площади проводят сейсмо-разведочные работы. По данным бурения и результатам геофизических исследований скважин (ГИС) производят привязку отражающих границ на временных сейсмических разрезах, идентифицируют подошву осадочного чехла, сложенную преимущественно

глинистыми минералами, которые надежно экранируют углеводородные залежи во вторичных коллекторах в фундаменте.

Выделяют сейсмогоризонт К в фундаменте, ограниченный сверху отражением от подошвы осадочного чехла, а снизу - отражением в кровельной части фундамента.

Определяют интервал времени между отражающими границами К1 и А, соответствующий сейсмогоризонту К и называемый для краткости его временной мощностью (см. фиг.1).

На временных разрезах выделяют участки, в пределах которых сейсмогоризонт К имеет большую по сравнению с соседними временную мощность, а также интервалы, где внутри этих участков с увеличенной временной мощностью появляется дополнительное отражение А1 (фиг.1).

По результатам промысловых испытаний и данным ГИС устанавливают фазовое состояние углеводородов во вторичных коллекторах, расположенных в горизонте К.

Проводят литолого-минералогические и петрофизические исследования образцов кернa, по данным этих исследований реконструируют генезис коллектора в фундаменте. Для этого сопоставляют коллекторские свойства и вещественный состав исходных пород, слагающих фундамент и развивающихся по ним в результате вторичных процессов (измененных) пород.

На основе анализа литолого-коллекторских свойств пород фундамента устанавливают литотипы, за счет которых возникают наиболее емкие ВК, что объясняется особенностями их состава (легкая растворимость и вынос неустойчивых компонентов, а также прочный минеральный каркас, препятствующий уплотнению возникающего ВК). Выделенные литотипы называют потенциально-продуктивными литотипами (ППЛ).

На основании проведенных литолого-коллекторских исследований делают заключение о механизме формирования ВК и типа коллектора.

По данным бурения, литолого-петрофизических исследований и результатам интерпретации данных ГИС устанавливают площадь развития ППЛ в фундаменте, которой на временных разрезах исследуемой территории соответствует сейсмогоризонт К.

Затем проводят определения акустических свойств ППЛ в керосинонасыщенном, а формирующихся по ним ВК в керосино- и газонасыщенном состояниях. Керосинонасыщением имитируется нефтенасыщенность. Определения проводят в условиях, модели-

рующих пластовые температуры и давления. Устанавливают объемную плотность ППЛ и ВК.

По известной формуле

$$A_p = \frac{d_1 V_{p1} - d_2 V_{p2}}{d_1 V_{p1} + d_2 V_{p2}},$$

(см. И.И. Гурвич, Г.И. Боганик. Сейсмическая разведка, М.: Недра, 1980, с. 67), определяют коэффициент отражения  $A_p$  на границе между газо- и керосинонасыщенными ВК, где  $d_1$  и  $d_2$  - плотности граничащих пород, а  $V_{p1}$  и  $V_{p2}$  - скорости распространения в них продольных волн.

Общеизвестно, что при значениях величины  $A_p$  от 0,1 и выше формируется устойчивое отражение от границы рассматриваемых объектов. Поэтому если рассчитанные по вышеприведенной формуле величины  $A_p$  на границах между газо- и нефтенасыщенными ВК равны или больше 0,1, то считают, что дополнительное отражение А1, присутствующее в сейсмогоризонте К в участках с увеличенной его временной мощностью, отвечает фазовой границе газ - жидкость.

Определяют, во сколько раз произошло увеличение временной мощности горизонта К по сравнению с соседними (с неувеличенной толщиной) участками и соотносят величину этого увеличения с изменением скорости распространения продольных волн в исходных ППЛ и развивающихся по ним ВК. Участки с пропорциональным увеличением временной мощности сейсмогоризонта К соответствуют прогнозируемым зонам развития ВК в ППЛ.

Выделенные на временных разрезах участки с увеличенными временными мощностями сейсмогоризонта К наносят на карту. Полученную карту с выделенными участками прогнозируемых ВК используют для выбора мест размещения сначала разведочных, а затем и эксплуатационных скважин.

Используя полученные данные о площади и мощности ВК, а также о характере их насыщения проводят оценку запасов углеводородов, содержащихся в них.

Пример. Эффективность предлагаемого способа проверена путем прогнозирования зон развития вторичных коллекторов в фундаменте (доюрском комплексе) плиты Северо-Варьганского месторождения, что осуществлялось на основе комплексирования результатов площадей сейморазведки ОГТ с данными бурения, ГИС, литолого-петрофизических и (дополнительных) акустических исследований образцов кернa.

В пределах месторождения провели площадную сейсморазведку ОГТ. По данным бурения и ГИС произвели привязку отражающих границ на временных сейсмических разрезах, идентифицировали подошву осадочного чехла, сложенного преимущественно углисто-глинистыми периодами и являющихся надежным флюидоупором, а также расположенную непосредственно под ней непрерывно отражающую границу, обусловленную сменой литологического состава пород в кровельной части фундамента (контакт между кремнистыми известняками (сверху) и известковистыми сланцами (снизу) (фиг.1, поз.4).

Выделили сейсмогоризонт К в кровельной части фундамента, ограниченный сверху отражением K1, возникающим на границе между подошвой осадочного чехла, представленного углисто-глинистыми отложениями нижней юры и кровлей фундамента, а снизу ближайшим непрерывным отражением А в кровельной части фундамента, возникающим на границе кремнистых известняков и глинистых сланцев нижнекарбонového возраста (фиг.1).

На временных разрезах выделили участки, в пределах которых сейсмогоризонт К имеет увеличенную по сравнению с соседними участками временную мощность, а также интервалы, где внутри этих участков с увеличенной временной мощностью появляется дополнительное отражение А1 (фиг.1).

Отбрали образцы кернa из разведочных скважин, затем провели их литолого-петрофизические исследования.

Используя полученные данные литолого-петрофизических исследований образцов кернa реконструировали механизм формирования коллектора в фундаменте. Для этого сопоставили коллекторские свойства и вещественный состав исходных пород, слагающих кровельную часть фундамента и развивающихся по ним в результате вторичных процессов (измененных) пород.

На основе анализа литолого-коллекторских свойств пород, слагающих кровельную часть фундамента Северо-Варьганского месторождения установили, что наиболее высокые ВК возникают по кремнистым известнякам, что объясняется особенностями их состава (легкая растворимость и вынос карбонатного материала, а также прочный кремнистый каркас, препятствующий уплотнению возникающего ВК). Этот литотип отнесли к ППЛ.

Определили, что силициты, возникающие по исходным кремнистым известнякам и получившим свое название из-за высокого

содержания в их составе кремнезема (до 95%), имеют пористость до 34% и проницаемость до 295 фм<sup>2</sup>. По наличию в их составе таких интервалов, как серицит, диккит и сферосидерит, которых нет в исходном кремнистом известняке, а также по отсутствию таких минералов как кальцит, доломит, полевые шпаты, пирит и органические вещества, которые являются обязательными компонентами исходных кремнистых известняков, установили гидротермальный механизм их формирования под действием среднетемпературных, кислых флюидов. О чем также свидетельствует перекристаллизация исходного скрытокристаллического биогенного кремнезема, содержащегося в кремнистых известняках, в мелкокристаллический хорошо ограненный кварц, слагающий основную массу гидротермальных силикатов (до 95%).

На основе проведенных исследований установили, что пустотность в гидротермальных силицитах относится к трещино-порово-кавернозному типу и возникла главным образом за счет растворения и выноса карбонатов (кальцита и доломита). Гидротермальные силициты отнесли к ВК.

Определили, что в других литотипах, например, глинистых сланцах, входящих в состав кровельной части доюрского комплекса, несмотря на гидротермальное воздействие не происходит образование вторичного коллектора, что объясняется низким содержанием в них растворенных компонентов (карбонатов), а также их высокой пластичностью, препятствующей сохранению возникающей вторичной пористости.

Поэтому по данным бурения, литолого-петрофизических исследований кернa и результатам интерпретации ГИС установили площадь распространения кремнистых известняков в составе кровельной части доюрского комплекса Северо-Варьганского месторождения (фиг.2, поз.12).

На примере скважины 2П по данным испытаний и ГИС установили фазовое состояние углеводородов во вторичном коллекторе. Верхняя часть залежи заполнена газом, в средней - переходная газо-нефтяная зона и нижняя часть - нефтенасыщенная (фиг.1, поз.5, 6 и 7).

Отбрали образцы кернa из фундамента, представленные гидротермальными силицитами и кремнистыми известняками. Из образцов выпилили цилиндры диаметром 40 мм и высотой 16 мм. По стандартной методике определили коллекторские свойства цилиндрических образцов и их объемную плотность. На акустической установке ПИВК-1 на тех

же образцах измерили скорость прохождения в них продольных волн  $V_p$  в условиях, моделирующих пластовые.

При определении скоростных характеристик образцов гидротермально измененных пород-коллекторов их насыщали как керосином (моделирование нефтенасыщенности), так и воздухом (моделирование газонасыщенности).

Результаты определений скоростных характеристик различных литотипов пород фундамента как в керосинонасыщенном, так и в газонасыщенном состояниях, а также значения их плотностей и вычисленные на их основе коэффициенты отражения приведены в таблице.

Определили, что скорость распространения  $V_p$  в гидротермальных силицитах в керосинонасыщенном состоянии меньше, чем в неизмененных кремнистых известняках в 1,1-1,7 раз, а в газонасыщенном состоянии в 1,4 - 2,2 раз. По этому критерию приняли, что участки на временных разрезах, где временная мощность горизонта К увеличивается более чем в 1,25 раза по сравнению с соседними интервалами, представлены измененными породами-коллекторами (гидротермальными силицитами), (фиг.2 и табл.). В среднем временная мощность в интервалах развития гидротермальных силицитов по сравнению с толщиной исходных кремнистых известняков по данным акустических исследований увеличивается в 1,7 раз.

Общепринято, что при значениях  $A_p$  равном 0,1 и более формируется отражение, фиксируемое на временном разрезе. Из таблицы следует, что  $A_p$  на границе смены фазового состояния пластового флюида (газ-жидкость) в гидротермальных силицитах в кровельной части доюрского комплекса равен

0,2 (табл.). Это значение выше принятой критической величины, равной 0,1, поэтому на границе фаз формируется отражение  $A_1$  внутри участков с увеличенной временной мощностью сейсмогоризонта К (фиг.1).

Используя данные промысловых испытаний и ГИС на примере скв. 2П проверили соответствие дополнительного отражения  $A_1$  в участке с увеличенной временной мощностью сейсмогоризонта К фазовой границе газ - жидкость (фиг.2).

По определенным критериям, а именно: на площади развития в кровле фундамента кремнистых известняков, перекрытых надежным глинистоуглистым флюидоупором по увеличению временной мощности сейсмогоризонта К более чем в 1,25 (в среднем в 1,7) раза по сравнению с его минимальными значениями, выделили прогнозируемые зоны развития вторичных коллекторов в кровле доюрского комплекса, по дополнительному отражению  $A_1$  в участках с увеличенной временной мощностью сейсмогоризонта К установили двухфазное состояние порового флюида. Полученные зоны предполагаемого распространения вторичных коллекторов гидротермального происхождения нанесли на карту (фиг.2).

Используя полученные данные оценили запасы углеводородов, содержащихся в гидротермальных силицитах.

Достоверность способа проверили на имевшихся в наличии временных разрезах и результатах литолого-петрофизических исследований керна и промысловых испытаний по 12 скважинам, пробуренным в пределах выбранного участка Северо-Варьганского месторождения. В 11 скважинах из 12 прогноз подтвердился, что соответствует почти 92% удачности прогноза.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

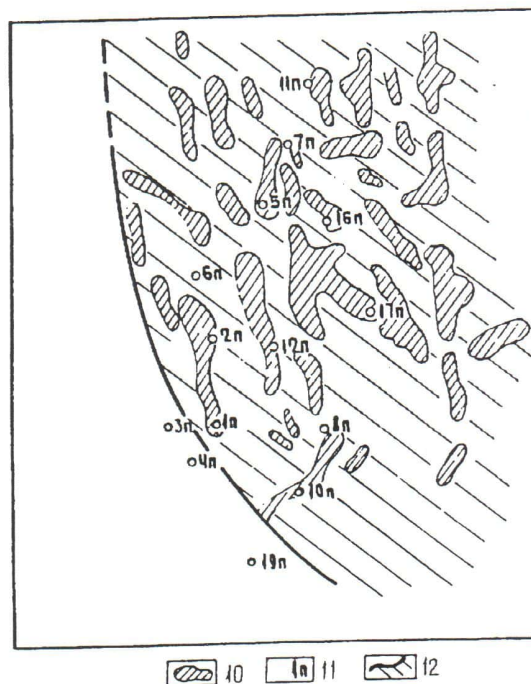
Способ прогнозирования зон развития вторичных коллекторов в фундаменте, включающий интерпретацию сейсмических отраженных волн, привязанных к подошве осадочного чехла и одной нижележащей акустической границе с учетом данных геолого-геофизических исследований в скважинах, *отличающийся* тем, что проводят литолого-петрофизические исследования, с помощью которых определяют наиболее вероятный генезис вторичных коллекторов, на основе чего выделяют литотипы, по которым происходит формирование вторичных коллекторов, и определяют площадь развития этих литотипов в пределах рассматриваемого месторождения, определяют ско-

рость распространения продольных волн в выделенных литотипах и в развивающихся по ним вторичных коллекторах, выделяют сейсмогоризонт между отражением от подошвы осадочного чехла и отражением в кровельной части фундамента, с учетом полученных литолого-петрофизических и скоростных характеристик проводят количественную интерпретацию изменений интервала времени между отраженными волнами, ограничивающими выделенный сейсмогоризонт, и зоны максимального интервала времени рассматривают как участки наиболее вероятного развития вторичных коллекторов.

## Акустические свойства пород фундамента Северо-Варьеганского месторождения

Литотип (порода)	Характер насыщения	Скорость продольных волн, ( $V_p$ ), км/с	Степень изменения $V_p$ при переходе от ППЛ к ВК, раз	Объемная плотность, ( $d$ ), г/см <sup>3</sup>	Коэффициент отражения
Кремнист. известняки	керосин	$\frac{5,9}{5,4 - 6,4}$	$\frac{1,4}{1,1 - 1,7}$	$\frac{2,87}{2,58 - 3,33}$	0,3
Гидротермальные силициты	---	$\frac{4,2}{3,7 - 4,8}$	$\frac{1,7}{1,4 - 2,3}$	$\frac{2,02}{1,76 - 2,32}$	0,2
---	газ	$\frac{3,4}{2,8 - 3,8}$	---	---	---

Примечание. В числителе среднее значение параметра, в знаменателе - его минимальные и максимальные значения.



фиг. 2

Заказ *Ж/12* Подписное  
 ВНИИПИ, Рег. ЛР № 040720  
 113834, ГСП, Москва, Раушская наб., 4/5

121873, Москва, Бережковская наб., 24 стр. 2.  
 Производственное предприятие «Патент»