



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК
E21B 49/00 (2006.01)
G01V 9/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009149027/03, 30.12.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.12.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.12.2009

(45) Опубликовано: 27.06.2011 Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Дахнова В.Н. Промысловая геофизика. М.: Гостопиздат, 1959, с.56-59. SU 559205 A1, 25.05.1977. SU 1710732 A1, 07.02.1992. SU 428337 A1, 15.05.1974. RU 2096772 C1, 20.11.1997. RU 2334100 C1, 20.09.2008. US 3892128 A, 01.07.1975.

Адрес для переписки:

119285, Москва, ул. Пудовкина, 13, ООО
"Технологическая Компания Шлюмберже",
В.Н. Архиповой

(72) Автор(ы):

Попов Юрий Анатолиевич (RU),
Паршин Антон Владимирович (RU),
Пименов Вячеслав Павлович (RU),
Сафонов Сергей Сергеевич (RU),
Стенин Владимир Петрович (RU),
Костылев Виктор Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Шлюмберже Текнолоджи Б.В. (NL)

(54) СПОСОБ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ ГОРНОГО МАССИВА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Способ и устройство могут быть использованы для получения информации о горных массивах. Техническим результатом является повышение точности и эффективности выделения зон горного массива с разными тепловыми свойствами. Осуществляют тепловое возбуждение горного массива путем прокачки через скважину при помощи насосно-компрессорной трубы промывочной жидкости, температура которой отличается от температуры горного массива. До начала теплового возбуждения, в процессе теплового возбуждения и после его окончания регистрируют дифференциальные электрические сигналы, пропорциональные разности температур в скважине, по меньшей мере одной парой датчиков температуры, расположенных вдоль оси скважины. Расстояния между датчиками в парах и число

пар выбирают заранее исходя из требуемой точности определения расположения границ пластов горного массива с разными свойствами, минимально и максимально возможной протяженности выделяемых областей горного массива, характера и степени температурных помех в скважине. Сравнивают дифференциальные электрические сигналы пар датчиков температуры, измеренные до начала теплового возбуждения горного массива, с дифференциальными электрическими сигналами тех же пар датчиков температуры, измеренными в процессе теплового возбуждения, а также дифференциальные электрические сигналы различных пар датчиков температуры, расположенных вдоль скважины, между собой. По результатам сравнения дифференциальных электрических сигналов характеризуют отличия разных областей горного массива по их свойствам и

выделяют границы между областями горного массива, обладающими различными

свойствами. 2 н. и 26 з.п. ф-лы, 1 ил.

R U 2 4 2 2 2 6 3 3 C 1

R U 2 4 2 2 6 3 3 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
E21B 49/00 (2006.01)
G01V 9/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2009149027/03, 30.12.2009

(24) Effective date for property rights:
30.12.2009

Priority:

(22) Date of filing: 30.12.2009

(45) Date of publication: 27.06.2011 Bull. 18

Mail address:

119285, Moskva, ul. Pudovkina, 13, OOO
"Tekhnologicheskaja Kompanija Shljumberzhe",
V.N. Arkhipovoj

(72) Inventor(s):

**Popov Jurij Anatolievich (RU),
Parshin Anton Vladimirovich (RU),
Pimenov Vjacheslav Pavlovich (RU),
Safonov Sergej Sergeevich (RU),
Stenin Vladimir Petrovich (RU),
Kostylev Viktor Vasil'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Shljumberzhe Teknolodzhi B.V. (NL)

(54) INVESTIGATION METHOD OF PROPERTIES OF ROCK MASS AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION

(57) Abstract:

FIELD: mining.

SUBSTANCE: thermal excitation of rock mass is performed by pumping of washing fluid through the well by means of tubing string, the temperature of which differs from temperature of rock mass. Prior to the beginning of thermal excitation, during thermal excitation and after thermal excitation is completed, differential electric signals proportional to temperature difference in the well is recorded at least by a pair of temperature sensors located along the well axis. Distances between sensors in pairs and the number of pairs is chosen in advance on the basis of the required accuracy of determination of location of rock mass bed boundaries with various properties, minimum and maximum possible spread of pointed out areas of rock mass and nature and degree of

temperature interference in the well. Differential electric signals of pairs of temperature sensors, which were measured before the beginning of thermal excitation of rock mass, are compared to differential electric signals of the same pairs of temperature sensors, which were measured during thermal excitation, as well as differential electric signals of various pairs of temperature sensors located along the well between each other. As per comparison results of differential electric signals, differences of various areas of rock mass are characterised as per their properties and boundaries are pointed out between rock mass areas having various properties.

EFFECT: improving accuracy and efficiency of allocation of rock mass areas with various thermal properties.

28 cl, 1 dwg

Изобретение относится к области изучения свойств горных массивов и протекающих в них процессов путем измерений в скважинах, а именно получению информации о горных массивах путем измерений температуры в скважинах.

5 Примером таких измерений могут являться измерения температуры в скважине, пробуренной в горном массиве с нефтяным пластом, когда тепловой режим горного массива изменяют путем его охлаждения или разогрева, осуществляемого путем закачивания в скважину промывочной жидкости с температурой, отличной от температуры горного массива, и затем регистрируют температуру в скважине на
10 различных глубинах. По фиксируемой степени изменения температуры горного массива в разных слоях после промывки выделяют зоны с различным содержанием нефти. В последнем случае такие измерения используются, например, для повышения эффективности разработки нефтяных месторождений. Еще одна область применения изобретения связана с изучением свойств горных массивов, являющихся резервуарами
15 с геотермальным флюидом и паром. Изобретение может быть применено для изучения горных массивов с залежами рудных ископаемых.

Известен описанный в кн.: В.Н.Дахнов. «Промысловая геофизика», М., Гостопиздат, 1959, стр.56-59 способ изучения свойств горного массива,
20 заключающийся в регистрации распределения температуры вдоль скважины, пробуренной в горном массиве, после того, как горный массив подвергся тепловому возбуждению путем прокачки через скважину промывочной жидкости, температура которой отличается от температуры горного массива, и последующем выделении зон продуктивных пластов с разными свойствами. В таком случае зоны продуктивных
25 пластов выделяют по различию температуры в зонах продуктивных пластов по отношению к непродуктивным участкам горного массива после завершения промывки. Серьезным недостатком такого способа является трудность выделения зон продуктивных пластов в случаях, когда эти зоны удалены от скважины слоями с
30 проникновением промывочной жидкости, из-за невозможности регистрировать малые перепады температуры между зонами продуктивных пластов и непродуктивными участками на фоне больших абсолютных значений температуры, характерных для горного массива на глубинах залегания нефти. Другим недостатком данного способа является то, что регистрацию температуры в скважине осуществляют после прокачки
35 через скважину промывочной жидкости, когда профиль температуры размыт на границах слоев горного массива с различными свойствами вследствие процесса кондуктивного теплопереноса, имеющего место между участками горного массива с различной температурой. Еще одним недостатком данного способа является то, что
40 не определен период времени, в течение которого следует осуществлять регистрацию температурного профиля в скважине, что приводит к снижению эффективности от применения данного способа. Недостатком способа является также то, что невозможна регистрация изменения температуры горного массива со временем на
45 каждой выбранной глубине, что снижает чувствительность способа, так как не позволяет разделить влияние помех и свойств горного массива по разной степени их проявления в изменениях температуры во времени.

Известно описанное в кн.: В.Н.Дахнов. «Промысловая геофизика», М., Гостопиздат, 1959, стр.56-59 устройство для изучения свойств горного массива,
50 включающее в себя блок подачи промывочной жидкости в скважину, датчик температуры, электронный блок регистрации и обработки сигнала датчика температуры, цилиндрический корпус, в котором размещаются датчик температуры и электронный блок, кабель, предназначенный для спуска цилиндрического корпуса в

скважину, подачи напряжения питания и передачи информации о результатах измерения на поверхность. Устройство предназначено для реализации способа изучения свойств горного массива, описанного там же. Недостатком данного устройства является отсутствие возможности регистрировать распределение температуры в скважине в процессе подачи промывочной жидкости в скважину, что приводит, как выше указывалось, к увеличению продолжительности измерений, снижению четкости выделения границ пластов горного массива с разными свойствами. Другим недостатком является наличие лишь одного датчика температуры, что приводит к недостаточной чувствительности определения свойств горного массива при выделении слоев горного массива с малым различием их свойств.

Технический результат, достигаемый при реализации предлагаемого изобретения, заключается в повышении точности и эффективности выделения зон горного массива с разными тепловыми свойствами. Способ обеспечивает возможность разделения участка горного массива, расположенного вдоль скважины, на зоны, обладающие различными тепловыми свойствами - теплопроводностью, температуропроводностью и объемной теплоемкостью. К таким выделяемым зонам могут, например, относиться зоны с водонасыщением или нефтенасыщением пород или зоны с разной степенью нефтенасыщения пород. Все эти зоны могут выделяться при помощи предлагаемого технического решения, так как они характеризуются различными тепловыми свойствами.

Указанный технический результат достигается за счет теплового возбуждения горного массива или отдельной его части путем прокачки через скважину при помощи насосно-компрессорной трубы промывочной жидкости, температура которой отличается от температуры горного массива, последующей регистрации изменений температуры в скважине по меньшей мере на одном ее участке и выделения областей горного массива с разными тепловыми свойствами по результатам измерений. До начала теплового возбуждения горного массива или отдельной его части в процессе теплового возбуждения и после его окончания непрерывно или периодически с интервалами времени, продолжительность которых выбирают заранее исходя из характера температурных помех в скважине и возможного расхождения тепловых свойств выделяемых областей горного массива. Регистрируют дифференциальные электрические сигналы, пропорциональные разности температур в скважине, по меньшей мере одной парой датчиков температуры, расположенной вдоль оси скважины так, чтобы интервал глубин расположения датчиков вдоль скважины охватывал область исследуемого горного массива. Расстояния между датчиками в парах и число пар выбирают заранее исходя из требуемой точности определения расположения границ пластов горного массива с разными свойствами, минимально и максимально возможной протяженности выделяемых областей горного массива и характера и степени температурных помех в скважине. Степень теплового возбуждения выбирают так, чтобы обеспечить необходимую величину отношения дифференциальных электрических сигналов к электрическим сигналам от температурных помех в скважине. Сравнивают дифференциальные электрические сигналы пар датчиков температуры, измеренные до начала теплового возбуждения горного массива, с дифференциальными электрическими сигналами тех же пар датчиков температуры, измеренными в процессе теплового возбуждения, а также дифференциальные электрические сигналы различных пар датчиков температуры, расположенных вдоль скважины, между собой. По результатам сравнения дифференциальных электрических сигналов характеризуют отличия разных областей

горного массива по их свойствам и выделяют границы между областями горного массива, обладающими различными тепловыми свойствами.

Способ может также предусматривать дополнительное измерение температуры промывочной жидкости вдоль скважины в изучаемом диапазоне глубин до начала теплового возбуждения, в процессе теплового возбуждения и после его прекращения. По полученным данным определяют характер изменения температуры как в процессе теплового возбуждения горного массива, так и в процессе восстановления температуры в ходе релаксации горного массива после теплового возбуждения горного массива. Исходя из полученных данных выбирают момент начала, периодичность и момент окончания измерений дифференциальных электрических сигналов и принимают решение о моменте прекращения теплового возбуждения.

Тепловое возбуждение горного массива или отдельной его части может производиться периодически с заданными продолжительностью каждого теплового возбуждения и перерывами между ними или по гармоническому закону с заданной частотой и интенсивностью. Одновременно при этом измеряют амплитуду колебаний измеряемых дифференциальных сигналов, их сдвиг по фазе относительно теплового возбуждения горного массива или отдельной его части, амплитуду колебаний температуры горного массива и сдвиг по фазе колебаний температуры горного массива. После этого по совокупности измеряемых данных определяют свойства отдельных областей горного массива.

Еще в одном варианте основной способ изучения свойств горного массива дополняется тем, что периодическое тепловое возбуждение горного массива или отдельной его части осуществляют путем циркуляции промывочной жидкости в насосно-компрессорной трубе с периодическим изменением направления движения. В этом случае нижний конец насосно-компрессорной колонны располагают ниже изучаемой зоны горного массива так, чтобы в изучаемой области горного массива происходило периодическое разнополярное изменение температуры промывочной жидкости относительно начальной температуры изучаемой области горного массива. Частоту смены направления циркулирующей промывочной жидкости, расход циркулирующей промывочной жидкости и положение нижнего конца насосно-компрессорной трубы в скважине задают с учетом градиента температуры в скважине так, чтобы обеспечить достаточную амплитуду дифференциальных электрических сигналов, при этом измеряют амплитуду измеряемых дифференциальных сигналов, их сдвиг по фазе относительно теплового возбуждения горного массива или отдельной его части, амплитуду колебаний температуры горного массива, а также сдвиг по фазе колебаний температуры горного массива относительно теплового возбуждения горного массива или отдельной его части.

Датчики температуры могут быть размещены на насосно-компрессорной трубе, при этом диаметр и материал участка насосно-компрессорной трубы, на котором размещают датчики, выбирают так, чтобы обеспечить максимальные дифференциальные электрические сигналы, минимальное влияние конвективного движения жидкости в зазоре между насосно-компрессорной колонной и стенкой насосно-компрессорной трубы или стенкой скважины на температурные шумы, возникающие в зазоре между насосно-компрессорной колонной и стенкой насосно-компрессорной трубы или стенкой скважины в процессе теплового возбуждения горного массива или его отдельной части или после прекращения теплового возбуждения, а также наименьшее размывание температурных границ между слоями горного массива, имеющими разные свойства.

Основной способ определения свойств горного массива может быть дополнен тем, что с целью наилучшего разделения областей горного массива вдоль скважины по их свойствам продолжительность и интенсивность теплового возбуждения горного массива или отдельной его части и моменты измерений дифференциальных электрических сигналов после начала теплового возбуждения горного массива или отдельной его части выбирают с учетом зависимости температурных помех в скважине от времени и с учетом величины температурных помех в скважине, существующих в моменты измерений дифференциальных электрических сигналов, так, чтобы получить наибольшие отношения дифференциальных электрических сигналов к температурным помехам в скважине.

Дополнительно к основному способу с целью повышения точности определения границы между областями горного массива вдоль скважины по их свойствам и уменьшения размытости границ между областями горного массива с разными свойствами продолжительность и интенсивность теплового возбуждения горного массива или отдельной его части и момент измерений электрических дифференциальных сигналов после начала теплового возбуждения горного массива или отдельной его части выбирают с учетом характера и величины температурной помехи в скважине, возникающей к моменту измерений дифференциальных электрических сигналов, так, чтобы пространственные изменения дифференциальных электрических сигналов на участке между областями горного массива с разными свойствами были локализованы в минимальном интервале расстояний вдоль скважины.

Может быть реализован также способ определения свойств горного массива, отличающийся от основного способа тем, что с целью повышения точности характеристики свойств горного массива или отдельной его части и характеристики их распределений в направлении, перпендикулярном скважине, как на стадии теплового возбуждения горного массива или отдельной его части, так и после окончания теплового возбуждения определяют характер изменения дифференциальных электрических сигналов во времени, максимальные значения дифференциальных сигналов и время достижения максимальных значений дифференциальных сигналов и по совокупности данных значений определяют глубину зоны проникновения промывочной жидкости и нефтенасыщенность горного массива или отдельной его части.

В варианте, дополнительном к предыдущему способу, с целью повышения точности характеристики свойств горного массива или отдельной его части и характеристики распределения свойств в направлении, перпендикулярном скважине, осуществляют по меньшей мере одно повторное тепловое возбуждение горного массива или отдельной его части, причем каждое повторное тепловое возбуждение осуществляют в течение времени, отличного от предыдущих тепловых возбуждений. Каждый раз измеряют дифференциальные электрические сигналы в процессе теплового возбуждения горного массива или отдельной его части, а также после теплового возбуждения, и каждый раз определяют максимальные значения дифференциальных сигналов и моменты достижения максимальных значений дифференциальных сигналов как на стадии теплового возбуждения, так и после окончания теплового возбуждения. Далее по совокупности данных, полученных при всех использовавшихся циклах теплового возбуждения горного массива или отдельной его части, определяют глубину зоны проникновения промывочной жидкости и нефтенасыщенность горного массива или отдельной его части.

Способ определения свойств горного массива или отдельной его части может быть реализован также таким образом, что дополнительно к основному способу каждый раз тепловое возбуждение осуществляют при другом объеме подаваемой в скважину промывочной жидкости, чем при предыдущих тепловых возбуждениях. Каждый раз как в процессе теплового возбуждения горного массива или отдельной его части, так и после теплового возбуждения измеряют дифференциальные электрические сигналы, определяют максимальные значения дифференциальных электрических сигналов и моменты достижения максимальных значений дифференциальных электрических сигналов. Далее по совокупности данных, полученных при всех использовавшихся циклах теплового возбуждения горного массива или отдельной его части, определяют глубину зоны проникновения промывочной жидкости и нефтенасыщенность горного массива или отдельной его части.

В случае наличия в скважине обсадной колонны, отделенной от горного массива цементным кольцом, с целью повышения точности определений свойств горного массива или отдельной его части путем учета температурных помех, возникающих вследствие изменений толщины цементного кольца и отклонений обсадной колонны и насосно-компрессорной трубы от оси скважины, дополнительно к основному способу регистрацию дифференциальных сигналов осуществляют в тот момент, когда отношение дифференциальных электрических сигналов к температурным помехам в скважине вследствие изменений толщины цементного кольца и отклонений обсадной колонны и насосно-компрессорной трубы от оси скважины достигает наибольшей величины.

Еще в одном варианте основной способ определения свойств горного массива может быть дополнен тем, что дополнительно определяют пористость в различных частях горного массива вдоль скважины. После этого глубину зоны проникновения промывочной жидкости и нефтенасыщенность горного массива или отдельной его части определяют по совокупности результатов измерений максимальных значений дифференциальных сигналов, времени достижения максимальных значений дифференциальных сигналов и пористости.

Предлагается также способ определения свойств горного массива, отличающийся от основного способа тем, что в процессе теплового возбуждения горного массива или отдельной его части и после завершения теплового возбуждения в областях, расположенных в зазоре между насосно-компрессорной трубой и стенкой скважины на разных расстояниях от насосно-компрессорной трубы, дополнительно измеряют дифференциальные сигналы, пропорциональные разности температур, по результатам измерений определяют характер и величину температурных помех, которые учитывают при обработке дифференциальных электрических сигналов и последующем определении свойств горного массива.

Возможен способ определения свойств горного массива, при котором дополнительно к основному способу перемещают по меньшей мере один датчик температуры вдоль скважины до начала теплового возбуждения горного массива или отдельной его части, а затем по меньшей мере один раз в процессе теплового возбуждения, и регистрируют распределение температуры вдоль скважины при помощи по меньшей мере одного датчика температуры, перемещаемого вдоль скважины. Скорость перемещения датчиков температуры и момент начала регистрации профиля температуры после начала теплового возбуждения горного массива или отдельной его части выбирают так, чтобы обеспечить наилучшее отношение полезный сигнал/шум. После этого осуществляют определение свойств

горного массива или отдельной его части как по распределению температуры вдоль скважины, так и по степени изменения температуры в отдельных пластах горного массива со временем.

5 Предлагаются также способ определения свойств горного массива, отличающийся от основного способа тем, что измеряют температуру на нескольких участках вдоль скважины перед началом теплового возбуждения горного массива или отдельных его частей, а затем измеряют температуру на нескольких участках вдоль скважины после начала теплового возбуждения. Число участков вдоль скважины, на которых
10 измеряют температуру, каждый раз выбирают так, чтобы обеспечить необходимую точность определения положения границ между пластами горного массива с разными свойствами. Моменты измерения температуры вдоль скважины после начала теплового возбуждения выбирают так, чтобы обеспечить наилучшее отношение полезный сигнал/шум. После этого по результатам измерений температуры на этих
15 нескольких участках вдоль скважины до начала теплового возбуждения и после начала теплового возбуждения горного массива или отдельной его части определяют распределение температуры вдоль скважины, характеризующее свойства горного массива, и по этому распределению температуры вдоль скважины определяют слои
20 горного массива с разными свойствами.

Возможен способ определения свойств горного массива, отличающийся от основного способа тем, что дифференциальные электрические сигналы измеряют дополнительно вдоль одной или более линий, ориентированных вдоль скважины и расположенных параллельно одна другой и параллельно основной линии, вдоль
25 которой проводят измерения дифференциальных сигналов. Число линий и углы между этими линиями вокруг оси скважины выбирают, исходя из расположения вокруг оси скважины областей горного массива и скважинного пространства, свойства которых могут различаться.

30 В еще одном способе определения свойств горного массива дополнительно к основному и предыдущему способам измерения дифференциальных электрических сигналов, пропорциональных разности температур в областях, расположенных в зазоре между насосно-компрессорной трубой и стенкой скважины на разных
35 расстояниях от насосно-компрессорной трубы, осуществляют дополнительно вдоль одной или более линий, ориентированных вдоль скважины и расположенных параллельно одна другой и параллельно основной линии, вдоль которой проводят измерения дифференциальных сигналов. Число линий и углы между этими линиями
40 вокруг оси скважины выбирают, исходя из расположения вокруг оси скважины областей горного массива и скважинного пространства, свойства которых могут различаться.

Для реализации вышеописанного способа предлагается устройство для изучения свойств горного массива, включающее блок, обеспечивающий подачу промывочной жидкости в скважину для осуществления теплового возбуждения горного массива или
45 отдельной его части путем циркуляции жидкости в скважине, блок регулировки продолжительности подачи промывающей жидкости в скважину и датчики температуры, расположенные вдоль оси скважины. Устройство содержит также по меньшей мере одну пару датчиков температуры, обеспечивающих получение
50 дифференциальных электрических сигналов, характеризующих разность температур в двух точках вдоль скважины, а также блок формирования дифференциальных электрических сигналов для пар датчиков температуры, обеспечивающий получение дифференциальных электрических сигналов, пропорциональных разности

температуры в скважине по меньшей мере в одной паре точек. Расстояния между датчиками в парах и число пар датчиков выбирают исходя из требуемой точности определения расположения границ слоев горного массива с разными свойствами, минимально и максимально возможной протяженности выделяемых областей горного массива и характера и степени температурных помех в скважине. Устройство дополнительно содержит блок регистрации, обеспечивающий одновременную регистрацию всех дифференциальных сигналов от датчиков температуры, а также блок сравнения и обработки дифференциальных сигналов, измеренных в одни и те же моменты времени, обеспечивающий выделение областей горного массива с разными свойствами по результатам сравнения и обработки дифференциальных электрических сигналов.

В состав устройства может дополнительно входить блок, обеспечивающий периодическое тепловое возбуждение горного массива или отдельных его областей с заданием определенной продолжительности каждого теплового возбуждения и определенных перерывов между тепловыми возбуждениями или обеспечивающий тепловое возбуждение по гармоническому закону с заданной частотой и интенсивностью. Кроме того, в состав устройства включают блок, обеспечивающий измерения амплитуды колебаний измеряемых дифференциальных сигналов, а также блок, измеряющий сдвиг по фазе колебаний измеряемых дифференциальных сигналов. В состав устройства включают также блок, измеряющий амплитуду колебаний температуры горного массива, и блок, измеряющий сдвиг по фазе колебаний температуры горного массива относительно теплового возбуждения горного массива или отдельной его части.

Еще один вариант предлагаемого устройства отличается тем, что в состав устройства включают блок, обеспечивающий периодическое тепловое возбуждение горного массива или отдельной его части путем циркуляции промывочной жидкости в насосно-компрессорной трубе с периодическим изменением направления движения промывочной жидкости так, чтобы в изучаемой области горного массива происходило периодическое разнополярное изменение температуры флюида относительно температуры изучаемой области горного массива. Кроме этого, в состав устройства включают блок, задающий частоту смены направления циркулирующей промывочной жидкости, расход циркулирующей промывочной жидкости и положение нижнего конца насосно-компрессорной колонны в скважине с учетом градиента температуры в скважине. Для определения градиента температуры в состав устройства включают блок, который производит оценку градиента температуры по сигналам датчиков температуры и расстоянию между датчиками температуры вдоль скважины.

Предлагается также вариант устройства изучения свойств горного массива, отличающийся от основного устройства тем, что в состав устройства дополнительно включают блок регистрации и амплитудно-частотного анализа температурных помех в скважине, который соединяют с датчиками температуры. Блок регистрации и амплитудно-частотного анализа температурных помех в скважине соединяют также с блоком сравнения и обработки дифференциальных сигналов так, чтобы обеспечить исключение температурных шумов с одинаковой частотой из измеряемых дифференциальных сигналов.

Предлагаемый дополнительный вариант устройства для изучения свойств горного массива отличается от основного устройства тем, что в состав устройства дополнительно включают датчики температуры, расположенные на тех же уровнях

скважины, что и датчики температуры, предназначенные для регистрации дифференциальных электрических сигналов вдоль скважины, но на разных расстояниях от насосно-компрессорной трубы в промежутке от насосно-компрессорной трубы до стенки скважины или стенки обсадной колонны. Кроме
5 этого, в состав устройства включают блок, обеспечивающий измерение дифференциальных сигналов между всеми дополнительными датчиками, расположенными на одинаковой глубине скважины, а также блок, обеспечивающий амплитудно-частотный анализ дифференциальных электрических сигналов,
10 измеряемых между всеми дополнительными датчиками, и выделение в результате этого температурных помех, существующих в пространстве между насосно-компрессорной трубой и стенкой скважины или стенкой обсадной колонны. Помимо этого, в состав устройства включают блок, обеспечивающий учет и исключение выделенных помех из дифференциальных электрических сигналов, регистрируемых
15 парами датчиков температуры, расположенных вдоль скважины.

Предлагается также устройство для изучения свойств горного массива, отличающееся от основного устройства тем, что в состав устройства включают по меньшей мере один дополнительный набор располагаемых вдоль скважины датчиков
20 температуры для измерений дифференциальных электрических сигналов, аналогичных набору датчиков температуры для измерений дифференциальных электрических сигналов в основном устройстве. Дополнительные наборы датчиков температуры располагают вдоль одной или более линий, ориентированных вдоль скважины и расположенных параллельно одна другой, а также параллельно линии, вдоль которой
25 расположены датчики температуры для измерений дифференциальных электрических сигналов основного устройства. Число дополнительных наборов датчиков температуры и углы между линиями, вдоль которых располагаются датчики температуры в дополнительных наборах, вокруг оси скважины выбирают, исходя из
30 расположения вокруг оси скважины областей горного массива и областей скважинного пространства, свойства которых могут различаться.

Еще один предлагаемый вариант устройства для изучения свойств горного массива отличается от основного устройства тем, что в состав устройства дополнительно
35 включают датчики температуры, сигналы которых используют для измерения дифференциальных электрических сигналов, характеризующих изменение температуры в скважине в радиальном направлении от насосно-компрессорной трубы к стенкам скважины, при этом эти датчики располагают на насосно-компрессорной трубе вдоль одной или более линий, ориентированных вдоль скважины и
40 расположенных параллельно относительно одна другой и параллельно линии расположения основных датчиков температуры, вдоль которой проводят измерения дифференциальных сигналов, при этом число линий и углы между этими линиями вокруг оси скважины выбирают исходя из расположения вокруг оси скважины областей горного массива и скважинного пространства, свойства которых могут
45 различаться.

Дополнительный предлагаемый вариант устройства для изучения свойств горного массива отличается от основного устройства тем, что в состав устройства
50 дополнительно включают блок, обеспечивающий перемещение по меньшей мере одного датчика температуры и датчиков измерения дифференциальной температуры вдоль скважины. Кроме того, в состав устройства включают блок, обеспечивающий задание определенной скорости перемещения датчиков температуры и датчиков измерения дифференциальной температуры вдоль скважины, а также блок,

обеспечивающий привязку каждого датчика температуры к глубине для каждого момента регистрации температурного и дифференциального температурного сигнала. Помимо этого, в состав устройства включают блок, обеспечивающий периодическое изменение направления перемещения датчиков температуры вдоль скважины с изменением направления движения в задаваемый момент времени.

Предлагается также устройство для изучения свойств горного массива, отличающееся от основного устройства тем, что в состав устройства дополнительно включают несколько датчиков для измерений температуры, располагаемых вдоль скважины, при этом число датчиков для измерений температуры, располагаемых вдоль скважины, выбирают так, чтобы обеспечить необходимую точность определения положения границ между пластами горного массива с разными свойствами. Кроме того, в состав устройства включают блок регистрации и обработки сигналов датчиков для измерения температуры, который предназначен для обеспечения измерений температуры датчиками в задаваемые моменты времени, регистрации распределения температуры вдоль скважины по результатам измерений температуры после начала теплового возбуждения горного массива или отдельной его части с учетом распределения температуры вдоль скважины до начала теплового возбуждения горного массива или отдельной его части и выделение слоев горного массива с разными свойствами.

Еще один предлагаемый вариант устройства для изучения свойств горного массива отличается от предыдущих устройств тем, что в состав устройства включают блок, обеспечивающий подачу подаваемой в скважину промывочной жидкости с требуемым объемом в единицу времени.

Изобретение поясняется чертежом, где проиллюстрирован пример реализации предлагаемого способа изучения свойств горного массива.

Как показано на чертеже, в вертикальной скважине 1, пробуренной в горном массиве 2, в интервале 3 глубин 2000-2030 м, однородном по минеральному составу пород и их пористости, необходимо выделить отдельные участки 4-6, характеризующиеся разной степенью нефтенасыщенности. Поскольку тепловые свойства нефти существенно отличаются от тепловых свойства воды (например, при нормальных термобарических условиях теплопроводность нефти равна 0,11-0,13 Вт/(м·К), а теплопроводность воды равна 0,60 Вт/(м·К)), объемная теплоемкость составляет $1,6 \cdot 10^6$ Дж/(м³·К) для нефти и $4,2 \cdot 10^6$ Дж/(м³·К) для воды, различие отдельных участков 4-6 горного массива 2 по тепловым свойствам будет означать различие отдельных участков 4-6 по нефтенасыщенности. Для теплового возбуждения горного массива 2 в скважину 1 через насосно-компрессорную трубу 7 закачивают промывочную жидкость с температурой, существенно отличающейся от температуры горного массива 2 на глубинах 2000-2030 м интервала 3. Подготавливают спуск насосно-компрессорной трубы 7 так, чтобы ее нижний конец 8 после спуска был расположен на глубине 2050 м, т.е. ниже глубины 2030 м, соответствующей нижней границы интересующего интервала глубин 3. Задаваясь точностью определения выделяемых границ участков 4-6 с разными тепловыми свойствами горного массива 2 в 1 м, возможной протяженностью участков 4-6 с разными тепловыми свойствами не менее 2 м и возможной протяженностью ячеек тепловой конвекции промывочной жидкости в скважине 1 не менее 30 м, на насосно-компрессорной трубе 7 вдоль ее внешней поверхности с интервалом 1 м вдоль скважины 1 располагают 35 датчиков 9 температуры. Датчики 9 температуры размещают на насосно-компрессорной трубе 7 вдоль скважины 1 так, чтобы интервал глубин их расположения составлял 1998-2032

м, т.е. охватывал интервал глубин 3, в котором требуется осуществить выделение участков 4-6 горного массива 2 с разными тепловыми свойствами, В качестве датчиков 9 температуры выбирают, например, заранее откалиброванные термометры сопротивления или оптические датчики температуры (специальный оптико-волоконный кабель для измерений температуры в различных точках вдоль кабеля). Датчики 9 температуры включают так, чтобы при их помощи можно было обеспечивать как регистрацию температуры в каждой точке расположения датчиков 9 температуры, так и дифференциальную регистрацию температуры для различных пар датчиков 9 температуры. Исходя из предполагаемого диапазона тепловых свойств горного массива 2, диаметра и глубины скважины 1, наличия обсадной колонны 10, толщины цементного кольца 11 между обсадной колонной 10 и стенками скважины 1, свойств закачиваемой промывочной жидкости путем математического моделирования заранее определяют скорость и продолжительность закачки промывочной жидкости в скважину 1 - соответственно 8 литров в секунду и 4 часа, а также продолжительность времени после завершения закачки промывочной жидкости в насосно-компрессорную трубу 7, в течение которого температура участков 4-6 с разными тепловыми свойствами горного массива 2 будет различаться - 6 часов, и интервал времени между измерениями дифференциальной температуры - 1 мин. Степень теплового возбуждения горного массива 2 в отдельной его части 3 выбирают так, чтобы обеспечить необходимую величину отношения дифференциальных электрических сигналов к электрическим сигналам от температурных помех в скважине 1 - 50:1. Затем опускают насосно-компрессорную трубу 7 в скважину 1 так, чтобы ее нижний конец 8 располагался на глубине 2050 м, и регистрируют температуры датчиками 9 температуры и дифференциальные температуры для различных пар датчиков 9 температуры до начала теплового возбуждения горного массива 2. После этого начинают осуществлять тепловое возбуждение горного массива 2, закачивая в насосно-компрессорную трубу 7 с поверхности промывочную жидкость, поддерживая температуру промывочной жидкости на входе в насосно-компрессорную трубу 7 постоянной в пределах 15-17°С, что значительно ниже температуры в 69°С, зарегистрированной в скважине 1 ранее по результатам термометрии. В процессе закачки промывочной жидкости в скважину 1 при помощи каждого датчика температуры 9 регистрируют температуру в скважине 1, а также регистрируют разницу температур для участков 4-6 горного массива 2 или между участками горного массива 2, равномерно расположенными вдоль скважины 1. Через 4 часа прекращают закачку промывочной жидкости в скважину 1 и продолжают регистрацию дифференциальных значений температуры во всех местах расположения датчиков 9 в течение еще 6 часов с интервалами между измерениями 1 мин. Для учета пространственных вариаций температуры в скважине 1, имевшихся в скважине 1 до начала закачки промывочной жидкости, сравнивают дифференциальные электрические сигналы различных пар датчиков 9 температуры, расположенных вдоль скважины 1, измеренные до теплового возбуждения горного массива 2, с дифференциальными электрическими сигналами различных пар датчиков 9 температуры, расположенных вдоль скважины 1, измеренными после начала теплового возбуждения горного массива 2, и определяют тем самым пространственные вариации температуры вдоль скважины 1, исключая влияние пространственных вариаций температуры в скважине 1 до начала закачки промывочной жидкости. После этого сравнивают дифференциальные электрические сигналы различных пар датчиков 9 температуры, полученные после исключения

5 влияния пространственных вариаций температуры в скважине 1 до начала закачки промывочной жидкости, между собой. Если разница температур, измеренная дифференциальным путем для одной пары датчиков 9 температуры в процессе закачки промывочной жидкости или после прекращения закачки промывочной жидкости, равна величине шума для дифференциальных измерений температуры, то это означает, что оба этих датчика 9 температуры находятся на участке или участках горного массива 2 с одинаковыми тепловыми свойствами, а следовательно, нефтенасыщение пород одинаково в пределах погрешности данных измерений. Если 10 разница температур, измеренная дифференциальным путем для одной пары датчиков 9 температуры в процессе закачки промывочной жидкости или после прекращения закачки промывочной жидкости, превышает величину шума для дифференциальных измерений температуры, то это означает, что оба этих датчика температуры находятся в двух участках горного массива из числа участков 4-6 с 15 разными тепловыми свойствами, а следовательно, нефтенасыщение горного массива 2 на этих двух участках из числа участков 4-6 различно. Определение степени нефтенасыщенности и выделение участков с большей или меньшей нефтенасыщенностью осуществляют путем сравнения измеренных величин дифференциальной температуры и знака (плюс или минус) дифференциальной 20 температуры. По результатам сравнения выделяют участки 4-6 горного массива 2 с разными тепловыми свойствами и определяют границы этих участков 4-6 с разными тепловыми свойствами. По результатам выделения участков 4-6 горного массива 2 с разными тепловыми свойствами выделяют участки 4-6 горного массива 2 с разным нефтенасыщением. 25

В качестве дополнительного примера реализации предлагаемого технического решения можно привести случай выделения участков 4-6 горного массива 2 с разными тепловыми свойствами, когда возможны существенное изменяющееся по глубине 30 случайное отклонение оси насосно-компрессорной трубы 7 или оси обсадной колонны 10 от оси скважины 1 (в последнем случае это вызовет изменение толщины цементного кольца 11) или эксцентриситет насосно-компрессорной трубы 7 или обсадной колонны 10 в пределах интервала глубин 3, в котором располагаются участки 4-6 с разными тепловыми свойствами, которые необходимо выделить путем реализации предлагаемого технического решения. В обоих случаях произойдет 35 существенное изменение теплового сопротивления между стенками насосно-компрессорной трубы 7 и стенками скважины 1, что приведет к существенной помехе в регистрируемых значениях температуры и дифференциальных температурах на разных глубинах и, следовательно, усложнит решение задачи по выделению 40 участков 4-6 горного массива 2 с разными тепловыми свойствами. Для уменьшения этой помехи в приведенном выше случае с выделением участков 4-6 с разными тепловыми свойствами в интервале глубин 2000-2030 м дополнительно к 35 датчикам 9 температуры, ранее установленным вдоль насосно-компрессорной 45 трубы 7 с интервалом 1 м вдоль нее, вдоль насосно-компрессорной трубы 7 располагают дополнительные комплекты по 35 датчиков 9 температуры при расстоянии между соседними датчиками 9 температуры в 1 м. При наличии информации о равновероятной возможности азимутальных отклонений оси насосно-компрессорной трубы 7 и оси обсадной колонны 10 относительно оси скважины 1, а 50 также о возможности эксцентриситета насосно-компрессорной трубы 7 и обсадной колонны 10, равномерно распределенного вокруг осей насосно-компрессорной трубы и обсадной колонны, устанавливают три дополнительных комплекта датчиков 9

температуры вдоль оси насосно-компрессорной трубы 7, при этом линии
расположения всех четырех комплектов датчиков 9 температуры по 35 датчиков 9
температуры в каждом равномерно распределяют по окружности насосно-
компрессорной трубы 7. Процесс реализации предлагаемого технического решения
5 отличается от ранее рассмотренного случая тем, что дифференциальные электрические
сигналы измеряют одновременно вдоль четырех линий, ориентированных вдоль
скважины 1 и расположенных параллельно одна другой. Результаты каждого
измерения дифференциальной температуры, полученные для каждой из четырех пар
10 датчиков 9 температуры при расположении этих четырех пар датчиков 9 температуры
на одинаковых глубинах в скважине 1, усредняют. Средние значения
дифференциальной температуры используют для выделения участков 4-6 горного
массива 2 с разными тепловыми свойствами так, как это делали в предыдущем случае
15 реализации предлагаемого технического решения.

Формула изобретения

1. Способ изучения свойств горного массива, включающий тепловое возбуждение
горного массива или отдельной его части путем прокачки через скважину при помощи
20 насосно-компрессорной трубы промывочной жидкости, температура которой
отличается от температуры горного массива, последующую регистрацию изменений
температуры промывочной жидкости в скважине, по меньшей мере, на одном ее
участке и выделение областей горного массива с разными тепловыми свойствами по
результатам измерений, отличающийся тем, что до начала теплового возбуждения, в
25 процессе теплового возбуждения и после его окончания непрерывно или периодически
с интервалами времени, продолжительность которых выбирают заранее, исходя из
характера температурных помех в скважине и возможного расхождения тепловых
свойств выделяемых областей горного массива, регистрируют дифференциальные
30 электрические сигналы, пропорциональные разности температур в скважине, по
меньшей мере, одной парой датчиков температуры, расположенных вдоль оси
скважины так, чтобы интервал глубин расположения датчиков вдоль скважины
охватывал область исследуемого горного массива, причем расстояния между
датчиками в парах и число пар выбирают заранее, исходя из требуемой точности
35 определения расположения границ пластов горного массива с разными свойствами,
минимально и максимально возможной протяженности выделяемых областей горного
массива и характера и степени температурных помех в скважине, при этом степень
теплового возбуждения выбирают так, чтобы обеспечить необходимую величину
40 отношения дифференциальных электрических сигналов к электрическим сигналам от
температурных помех в скважине, затем сравнивают дифференциальные
электрические сигналы пар датчиков температуры, измеренные до начала теплового
возбуждения горного массива, с дифференциальными электрическими сигналами тех
же пар датчиков температуры, измеренными в процессе теплового возбуждения, а
45 также дифференциальные электрические сигналы различных пар датчиков
температуры, расположенных вдоль скважины, между собой, по результатам
сравнения дифференциальных электрических сигналов характеризуют отличия разных
областей горного массива по их свойствам и выделяют границы между областями
50 горного массива, обладающими различными свойствами.

2. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что
дополнительно измеряют температуру жидкости вдоль скважины в изучаемом
диапазоне глубин или отдельной ее части в изучаемом диапазоне глубин до начала

теплового возбуждения, в процессе теплового возбуждения и после его прекращения, по полученным данным определяют характер изменения температуры как в процессе теплового возбуждения горного массива, так и в процессе восстановления температуры в ходе релаксации горного массива после теплового возбуждения горного массива, исходя из полученных данных выбирают момент начала, периодичность и момент окончания измерений дифференциальных электрических сигналов, и принимают решение о моменте прекращения теплового возбуждения.

3. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что тепловое возбуждение горного массива или отдельной его части производят периодически с заданными продолжительностью каждого теплового возбуждения и перерывами между ними и одновременно при этом измеряют амплитуду колебаний измеряемых дифференциальных сигналов, их сдвиг по фазе относительно теплового возбуждения горного массива или отдельной его части, амплитуду колебаний температуры горного массива и сдвиг по фазе колебаний температуры горного массива.

4. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что тепловое возбуждение горного массива или отдельной его части производят по гармоническому закону с заданной частотой и интенсивностью и одновременно при этом измеряют амплитуду колебаний измеряемых дифференциальных сигналов, их сдвиг по фазе относительно теплового возбуждения горного массива или отдельной его части, амплитуду колебаний температуры горного массива и сдвиг по фазе колебаний температуры горного массива.

5. Способ изучения свойств горного массива по п.3, отличающийся тем, что периодическое тепловое возбуждение горного массива или отдельной его части осуществляют путем циркуляции промывочной жидкости в насосно-компрессорной трубе с периодическим изменением направления движения промывочной жидкости, при этом нижний конец насосно-компрессорной трубы располагают ниже изучаемой зоны горного массива так, чтобы в изучаемой области горного массива происходило периодическое изменение температуры промывочной жидкости относительно температуры изучаемой области горного массива, при этом частоту смены направления движения циркулирующей промывочной жидкости, расход циркулирующей промывочной жидкости и положение нижнего конца насосно-компрессорной трубы в скважине задают с учетом градиента температуры в скважине так, чтобы обеспечить достаточную амплитуду дифференциальных электрических сигналов.

6. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что датчики температуры размещают на насосно-компрессорной трубе, причем диаметр и материал участка насосно-компрессорной трубы, на котором размещают датчики температуры, выбирают так, чтобы обеспечить максимальные дифференциальные электрические сигналы, минимальное влияние конвективного движения жидкости в зазоре между насосно-компрессорной трубой и стенкой обсадной колонны или стенкой скважины на температурные шумы, возникающие в зазоре между насосно-компрессорной трубой и стенкой обсадной колонны или стенкой скважины в процессе теплового возбуждения горного массива или его отдельной части или после прекращения теплового возбуждения, а также наименьшее размывание температурных границ между слоями горного массива, имеющими разные свойства.

7. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что продолжительность и интенсивность теплового возбуждения горного массива или

отдельной его части и моменты измерений дифференциальных электрических сигналов в процессе теплового возбуждения выбирают с учетом зависимости температурных помех в скважине от времени и с учетом величины температурных помех в скважине, существующих в моменты измерений дифференциальных электрических сигналов, так, чтобы получить наибольшие отношения дифференциальных электрических сигналов к температурным помехам в скважине.

8. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что продолжительность и интенсивность теплового возбуждения горного массива или отдельной его части и момент измерений дифференциальных электрических сигналов в процессе теплового возбуждения выбирают с учетом характера и величины температурной помехи в скважине, возникающей к моменту измерений дифференциальных электрических сигналов, так, чтобы пространственные изменения дифференциальных электрических сигналов на участке между областями горного массива с разными свойствами были локализованы в минимальном интервале расстояний вдоль скважины.

9. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что в процессе теплового возбуждения горного массива или отдельной его части и после окончания теплового возбуждения определяют характер изменения дифференциальных электрических сигналов во времени, максимальные значения дифференциальных сигналов и время достижения максимальных значений дифференциальных сигналов и по совокупности данных значений определяют глубину зоны проникновения промывочной жидкости и нефтенасыщенность горного массива или отдельной его части.

10. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что, по меньшей мере, один раз осуществляют повторное тепловое возбуждение горного массива или отдельной его части, причем каждое повторное тепловое возбуждение осуществляют в течение времени, отличного от времени осуществления предыдущих тепловых возбуждений, измеряют дифференциальные электрические сигналы в ходе каждого повторного теплового возбуждения горного массива или отдельной его части, а также после каждого повторного теплового возбуждения, и каждый раз определяют максимальные значения дифференциальных сигналов и моменты достижения максимальных значений дифференциальных сигналов как на стадии теплового возбуждения, так и после окончания теплового возбуждения, после чего по совокупности данных, полученных при всех использовавшихся циклах теплового возбуждения горного массива или отдельной его части, определяют глубину зоны проникновения промывочной жидкости и нефтенасыщенность горного массива или отдельной его части.

11. Способ изучения свойств горного массива по п.10, отличающийся тем, что при каждом повторном тепловом возбуждении промывочную жидкость прокачивают через скважину в объеме, отличном от используемого при предыдущих тепловых возбуждениях.

12. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что в случае наличия в скважине обсадной колонны, отделенной от горного массива цементным кольцом, регистрацию дифференциальных электрических сигналов осуществляют в тот момент, когда отношение дифференциальных электрических сигналов к температурным помехам в скважине вследствие изменений толщины цементного кольца и отклонений обсадной колонны и насосно-компрессорной трубы от оси скважины достигает наибольшей величины.

13. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что дополнительно определяют пористость в различных частях горного массива вдоль скважины, после чего глубину зоны проникновения промывочной жидкости и нефтенасыщенность горного массива или отдельной его части определяют по совокупности результатов измерений максимальных значений дифференциальных сигналов, времени достижения максимальных значений дифференциальных сигналов и пористости.

14. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что в процессе теплового возбуждения горного массива или отдельной его части и после его завершения в областях, расположенных в зазоре между насосно-компрессорной трубой и стенкой скважины на разных расстояниях от насосно-компрессорной трубы, дополнительно измеряют дифференциальные сигналы, пропорциональные разности температур, и по результатам измерений определяют характер и величину температурных помех, которые учитывают при обработке дифференциальных электрических сигналов и последующем определении свойств горного массива.

15. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что осуществляют перемещение, по меньшей мере, одного датчика температуры вдоль скважины до начала теплового возбуждения, а затем по меньшей мере один раз в процессе теплового возбуждения и регистрируют распределение температуры вдоль скважины при помощи, по меньшей мере, одного датчика температуры, перемещаемого вдоль скважины, при этом скорость перемещения датчиков температуры и момент начала регистрации профиля температуры после начала теплового возбуждения выбирают так, чтобы обеспечить наилучшее отношение полезный сигнал/шум.

16. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что дополнительно измеряют температуру на нескольких участках вдоль скважины перед началом теплового возбуждения горного массива или отдельных его частей, а затем измеряют температуру на нескольких участках вдоль скважины в процессе теплового возбуждения, при этом число участков вдоль скважины, на которых измеряют температуру, каждый раз выбирают так, чтобы обеспечить необходимую точность определения положения границ между пластами горного массива с разными свойствами, моменты измерения температуры вдоль скважины в процессе теплового возбуждения выбирают так, чтобы обеспечить наилучшее отношение полезный сигнал/шум, и по результатам измерений определяют распределение температуры вдоль скважины, характеризующее свойства горного массива, по которому определяют слои горного массива с разными свойствами.

17. Способ изучения свойств горного массива по п.1, отличающийся тем, что дополнительно измеряют дифференциальные электрические сигналы вдоль одной или более линий, ориентированных вдоль скважины и расположенных параллельно одна другой и параллельно основной линии, вдоль которой проводят измерения дифференциальных сигналов, при этом число линий и углы между этими линиями вокруг оси скважины выбирают, исходя из расположения вокруг оси скважины областей горного массива и скважинного пространства, свойства которых могут различаться.

18. Устройство для изучения свойств горного массива, содержащее блок, обеспечивающий подачу промывочной жидкости в скважину для осуществления теплового возбуждения горного массива или отдельной его части путем циркуляции жидкости в скважине, и датчики температуры, расположенные вдоль оси скважины,

отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит, по меньшей мере, одну пару датчиков температуры, обеспечивающих получение дифференциальных электрических сигналов, характеризующих разность температур в двух точках вдоль скважины, а также блок формирования дифференциальных электрических сигналов для пар датчиков температуры, обеспечивающий получение дифференциальных электрических сигналов, пропорциональных разности температуры в скважине, по меньшей мере, в одной паре точек, при этом расстояния между датчиками в парах и число пар датчиков выбирают, исходя из требуемой точности определения расположения границ слоев горного массива с разными свойствами, минимально и максимально возможной протяженности выделяемых областей горного массива и характера и степени температурных помех в скважине, причем устройство дополнительно содержит блок регулировки продолжительности подачи промывающей жидкости в скважину, блок регистрации, обеспечивающий одновременную регистрацию всех дифференциальных сигналов от датчиков температуры, а также блок сравнения и обработки дифференциальных сигналов, измеренных в одни и те же моменты времени, обеспечивающий выделение областей горного массива с разными свойствами по результатам сравнения и обработки дифференциальных электрических сигналов.

19. Устройство для изучения свойств горного массива по п.18, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит блок, обеспечивающий периодическое тепловое возбуждение горного массива или отдельных его областей с заданием определенной продолжительности каждого теплового возбуждения и определенных перерывов между тепловыми возбуждениями или обеспечивающий тепловое возбуждение по гармоническому закону с заданной частотой и интенсивностью.

20. Устройство для изучения свойств горного массива по п.18, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит блок, обеспечивающий измерения амплитуды колебаний измеряемых дифференциальных сигналов, блок, измеряющий сдвиг по фазе колебаний измеряемых дифференциальных сигналов, а также блок, измеряющий амплитуду колебаний температуры горного массива, и блок, измеряющий сдвиг по фазе колебаний температуры горного массива относительно теплового возбуждения горного массива или отдельной его части.

21. Устройство для изучения свойств горного массива по п.18, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит блок, обеспечивающий периодическое тепловое возбуждение горного массива или отдельной его части путем циркуляции промывочной жидкости в насосно-компрессорной трубе с периодическим изменением направления движения промывочной жидкости так, чтобы в изучаемой области горного массива происходило периодическое изменение температуры промывочной жидкости относительно температуры изучаемой области горного массива, блок, задающий частоту смены направления циркулирующей промывочной жидкости, расход циркулирующей промывочной жидкости и положение нижнего конца насосно-компрессорной трубы в скважине с учетом градиента температуры в скважине, а также блок, осуществляющий оценку градиента температуры по сигналам датчиков температуры и расстоянию между датчиками температуры вдоль скважины.

22. Устройство для изучения свойств горного массива по п.18, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит блок регистрации и амплитудно-частотного анализа температурных помех в скважине, соединенный с датчиками температуры и с блоком сравнения и обработки дифференциальных сигналов так, чтобы обеспечить исключение температурных шумов с одинаковой частотой из измеряемых

дифференциальных сигналов.

23. Устройство для изучения свойств горного массива по п.18, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит датчики температуры, расположенные на тех же уровнях скважины, что и датчики температуры, предназначенные для регистрации дифференциальных электрических сигналов вдоль скважины, но на разных расстояниях от насосно-компрессорной трубы в промежутке от насосно-компрессорной трубы до стенки скважины или стенки обсадной колонны, а также блок, обеспечивающий измерение дифференциальных сигналов между всеми дополнительными датчиками, расположенными на одинаковой глубине скважины, блок, обеспечивающий амплитудно-частотный анализ дифференциальных электрических сигналов, измеряемых между всеми дополнительными датчиками, и выделение в результате этого температурных помех, существующих в пространстве между насосно-компрессорной трубой и стенкой скважины или стенкой обсадной колонны, и блок, обеспечивающий учет и исключение выделенных помех из дифференциальных электрических сигналов, регистрируемых парами датчиков температуры, расположенных вдоль скважины.

24. Устройство для изучения свойств горного массива по п.18, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит, по меньшей мере, один дополнительный набор располагаемых вдоль скважины датчиков температуры для измерений дифференциальных электрических сигналов, расположенных параллельно линии, вдоль которой расположены датчики температуры для измерений дифференциальных электрических сигналов и вдоль одной или более линий, ориентированных вдоль скважины и расположенных параллельно одна другой, а также сигналов основного устройства, причем число дополнительных наборов датчиков температуры и углы между линиями, вдоль которых располагаются датчики температуры в дополнительных наборах, вокруг оси скважины выбирают, исходя из расположения вокруг оси скважины областей горного массива и областей скважинного пространства, свойства которых могут различаться.

25. Устройство для изучения свойств горного массива по п.18, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит датчики температуры, сигналы которых используют для измерения дифференциальных электрических сигналов, характеризующих изменение температуры в скважине в радиальном направлении от насосно-компрессорной трубы к стенкам скважины, при этом эти датчики располагают на насосно-компрессорной трубе вдоль одной или более линий, ориентированных вдоль скважины и расположенных параллельно относительно одна другой и параллельно линии расположения основных датчиков температуры, вдоль которой проводят измерения дифференциальных сигналов, при этом число линий и углы между этими линиями вокруг оси скважины выбирают, исходя из расположения вокруг оси скважины областей горного массива и скважинного пространства, свойства которых могут различаться.

26. Устройство для изучения свойств горного массива по п.18, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит блок, обеспечивающий перемещение, по меньшей мере, одного датчика температуры и датчиков измерения дифференциальной температуры вдоль скважины, блок, обеспечивающий задание определенной скорости перемещения датчиков температуры и датчиков измерения дифференциальной температуры вдоль скважины, а также блок, обеспечивающий привязку каждого датчика температуры к глубине для каждого момента регистрации температурного и дифференциального температурного сигнала, и блок, обеспечивающий периодическое

изменение направления перемещения датчиков температуры вдоль скважины с изменением направления движения в задаваемый момент времени.

5 27. Устройство для изучения свойств горного массива по п.18, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит несколько датчиков для измерений
10 температуры, располагаемых вдоль скважины, причем число датчиков выбирают так, чтобы обеспечить необходимую точность определения положения границ между пластами горного массива с разными свойствами, а также блок регистрации и
15 обработки сигналов датчиков, который предназначен для обеспечения измерений температуры датчиками в задаваемые моменты времени, регистрации распределения температуры вдоль скважины по результатам измерений температуры после начала
теплового возбуждения горного массива или отдельной его части с учетом
распределения температуры вдоль скважины до начала теплового возбуждения
горного массива или отдельной его части и выделение слоев горного массива с
20 разными свойствами.

28. Устройство для изучения свойств горного массива по п.18, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит блок, обеспечивающий подачу
прокачиваемой через скважину промывочной жидкости с требуемым объемом в
25 единицу времени.

25

30

35

40

45

50

