

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **23179**

(13) **С1**

(46) **2020.10.30**

(51) МПК

G 01V 3/12 (2006.01)

(54) **СПОСОБ РАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДНОЙ ЗАЛЕЖИ**

(21) Номер заявки: а 20190202

(22) 2019.07.01

(71) Заявитель: Учреждение образования "Полоцкий государственный университет" (ВУ)

(72) Авторы: Богуш Вадим Анатольевич; Заяц Екатерина Юрьевна; Янушкевич Виктор Францевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Полоцкий государственный университет" (ВУ)

(56) ВУ 3426 С1, 2000.

ВУ 21589 С1, 2018.

ВУ 7493 С1, 2005.

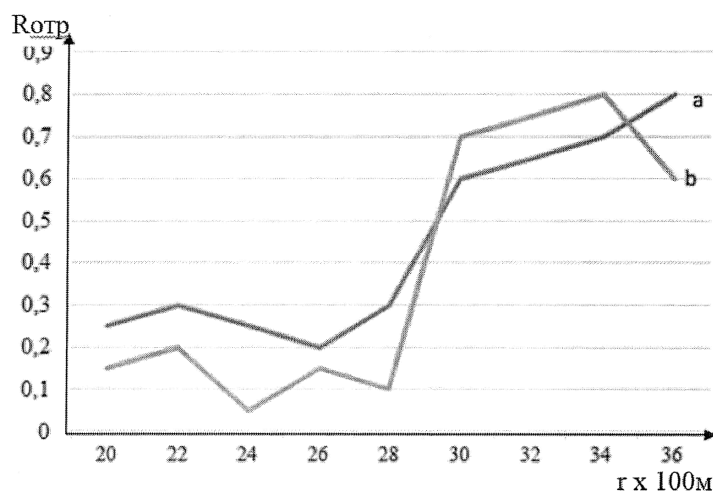
SU 1393128 А1, 1998.

UA 68520 А, 2004.

US 6339333 В1, 2002.

(57)

Способ разведки углеводородной залежи, при котором направляют на заданные точки исследуемого профиля модулированное радиоимпульсное излучение на фиксированной частоте от 58 до 115 МГц с вертикальной или горизонтальной поляризацией, частота следования импульсов которого составляет от 0,5 до 1 МГц, а частота модуляции - от 1 до 10 МГц, принимают в каждой указанной точке отраженное излучение и находят коэффициент отражения, по аномальным значениям которого определяют положение границы залежи.



Фиг. 1

Изобретение относится к поисковой геофизике и может быть использовано при определении границ углеводородных залежей (УВЗ).

Известен способ разведки УВЗ [1], при котором исследуемый профиль облучают электромагнитной волной (ЭМВ) на фиксированной частоте f_1 , которая выбирается в интервале частот 1,5-1,7 МГц, измеряют напряженность электрического поля отраженного сигнала в точках измерения исследуемого профиля и по аномальным значениям напряженности определяют границу УВЗ.

Недостатками известного способа являются низкая точность, обусловленная высоким уровнем помех в используемом диапазоне частот и отсутствием измерения коэффициента отражения, неудобства в использовании вследствие необходимости применения антенн больших габаритов.

Наиболее близким является способ разведки УВЗ [2], при котором исследуемый профиль облучают электромагнитной волной на фиксированной частоте f_1 в интервале 7,0-9,0 ГГц, принимают отраженный сигнал, смешивают отраженный сигнал с опорным на частоте f_1 , измеряют смешанный сигнал на фиксированной разностной частоте в диапазоне 10-30 МГц, по результатам измерений выделяют аномальные значения сигнала разностной частоты, по которым определяют границу УВЗ.

Недостатком известного способа является низкая точность определения границ из-за отсутствия учета влияния напряженности электрического поля отраженного сигнала к напряженности электрического поля падающего сигнала, выраженного измерением коэффициента отражения. Кроме того, в известном способе учитывается только один вид поляризации и не осуществляется операция модуляции облучающего сигнала. В результате повышается погрешность определения границ УВЗ.

Задачей изобретения является повышение точности определения границ УВЗ.

Поставленная задача решается тем, что в способе разведки углеводородной залежи направляют на заданные точки исследуемого профиля модулированное радиоимпульсное излучение на фиксированной частоте от 58 до 115 МГц с вертикальной или горизонтальной поляризацией, частота следования импульсов которого составляет от 0,5 до 1 МГц, а частота модуляции - от 1 до 10 МГц, принимают в каждой указанной точке отраженное излучение и находят коэффициент отражения, по аномальным значениям которого определяют положение границы залежи.

Отличительными признаками заявляемого способа являются иные режимы осуществления облучения электромагнитной волной и приема отраженного излучения на определенных режимах, благодаря чему повышается точность определения границ УВЗ.

Измерение коэффициента отражения позволяет осуществить нормирование напряженности электрического поля отраженного излучения. Операция облучения исследуемого профиля модулированным радиоимпульсным излучением с вертикальной или горизонтальной поляризацией позволяет расширить информативность при определении границ УВЗ.

Выбор режимов вертикальной или горизонтальной поляризации с частотой 58-115 МГц, частотой следования импульсов 0,5-1 МГц и частотой модуляции 1-10 МГц осуществлен на основании методики расчетов, приведенных в [3].

Для вертикально поляризованной волны:

$$\dot{E}_o = \dot{R}_B \dot{E}_\Pi + \dot{R}_{BG} \dot{E}_\Pi, \quad (1)$$

где \dot{E}_o - напряженность электрического поля отраженной ЭМВ,

\dot{R}_B - коэффициент отражения для вертикальной поляризации,

\dot{E}_Π - напряженность электрического поля падающей ЭМВ,

\dot{R}_{BG} - коэффициент отражения для кроссполяризационной составляющей.

Коэффициент отражения для вертикальной поляризации равен

$$\dot{R}_B = \frac{\dot{u}_1 \cos \theta_{\Pi} + \dot{u}_3 (\cos^2 \theta_{\Pi} - 1)}{\dot{u}_2 \cos \theta_{\Pi} + \dot{u}_3 (\cos^2 \theta_{\Pi} + 1)} = R_B \exp \varphi_B, \quad (2)$$

где $\dot{u}_1 = \sqrt{\dot{\epsilon}_R \dot{\epsilon}_L} + 1$, $\dot{u}_2 = \sqrt{\dot{\epsilon}_R \dot{\epsilon}_L} - 1$,

$$\dot{u}_3 = \sqrt{\dot{\epsilon}_R} + \sqrt{\dot{\epsilon}_L},$$

$$\dot{\epsilon}_R = \dot{\epsilon}_1 + \dot{\epsilon}_2, \quad \dot{\epsilon}_L = \dot{\epsilon}_1 - \dot{\epsilon}_2,$$

$\dot{\epsilon}_1, \dot{\epsilon}_2$ - компоненты тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ,

θ_{Π} - угол падения ЭМВ,

R_B - модуль коэффициента отражения для вертикальной поляризации,

φ_B - фаза коэффициента отражения для вертикальной поляризации.

Коэффициент отражения для кроссполяризационной составляющей равен

$$\dot{R}_{B\Gamma} = \frac{2(\dot{u}_2 - 1)\dot{u}_3 \cos \theta_{\Pi}}{\dot{u}_2 \cos \theta_{\Pi} + \dot{u}_3 (\cos^2 \theta_{\Pi} + 1)} = R_{B\Gamma} \exp \varphi_{B\Gamma}, \quad (3)$$

где $\dot{u}_2 = \sqrt{\dot{\epsilon}_R \dot{\epsilon}_L} - 1$,

$$\dot{u}_3 = \sqrt{\dot{\epsilon}_R} + \sqrt{\dot{\epsilon}_L},$$

$$\dot{\epsilon}_R = \dot{\epsilon}_1 + \dot{\epsilon}_2, \quad \dot{\epsilon}_L = \dot{\epsilon}_1 - \dot{\epsilon}_2,$$

$\dot{\epsilon}_1, \dot{\epsilon}_2$ - компоненты тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ,

θ_{Π} - угол падения ЭМВ,

$R_{B\Gamma}$ - модуль коэффициента отражения для кроссполяризационной составляющей,

$\varphi_{B\Gamma}$ - фаза коэффициента отражения для кроссполяризационной составляющей.

Для горизонтально поляризованной волны:

$$\dot{E}_o = \dot{R}_{\Gamma} \dot{E}_{\Pi} + \dot{R}_{\Gamma B} \dot{E}_{\Pi}, \quad (4)$$

где \dot{E}_o - напряженность электрического поля отраженной ЭМВ,

\dot{R}_{Γ} - коэффициент отражения для горизонтальной поляризации,

\dot{E}_{Π} - напряженность электрического поля падающей ЭМВ,

$\dot{R}_{\Gamma B}$ - коэффициент отражения для кроссполяризационной составляющей,

$$\dot{R}_{\Gamma B} = \frac{2(\dot{u}_2 - 1)\dot{u}_3 \cos \theta_{\Pi}}{\dot{u}_2 \cos \theta_{\Pi} + \dot{u}_3 (\cos^2 \theta_{\Pi} + 1)} = R_{\Gamma B} \exp \varphi_{\Gamma B}, \quad (5)$$

где $\dot{u}_2 = \sqrt{\dot{\epsilon}_R \dot{\epsilon}_L} - 1$,

$$\dot{u}_3 = \sqrt{\dot{\epsilon}_R} + \sqrt{\dot{\epsilon}_L},$$

$$\dot{\epsilon}_R = \dot{\epsilon}_1 + \dot{\epsilon}_2, \quad \dot{\epsilon}_L = \dot{\epsilon}_1 - \dot{\epsilon}_2,$$

$\dot{\epsilon}_1, \dot{\epsilon}_2$ - компоненты тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ,

θ_{Π} - угол падения ЭМВ,

$R_{\Gamma B}$ - модуль коэффициента отражения для кроссполяризационной составляющей,

$\varphi_{\Gamma B}$ - фаза коэффициента отражения для кроссполяризационной составляющей.

Коэффициент отражения для горизонтальной поляризации равен

$$\dot{R}_{\Gamma} = \frac{\dot{u}_4 \cos \theta_{\Pi} + \dot{u}_2 (\cos^2 \theta_{\Pi} + 1)}{\dot{u}_2 \cos \theta_{\Pi} + \dot{u}_3 (\cos^2 \theta_{\Pi} + 1)(1 + \dot{u}_1)} = R_{\Gamma} \exp \varphi_{\Gamma}, \quad (6)$$

где $\dot{u}_1 = \sqrt{\dot{\epsilon}_R \dot{\epsilon}_L} + 1$, $\dot{u}_2 = \sqrt{\dot{\epsilon}_R \dot{\epsilon}_L} - 1$,

$$\dot{u}_3 = \sqrt{\dot{\epsilon}_R} + \sqrt{\dot{\epsilon}_L},$$

$$\dot{\epsilon}_R = \dot{\epsilon}_1 + \dot{\epsilon}_2, \quad \dot{\epsilon}_L = \dot{\epsilon}_1 - \dot{\epsilon}_2,$$

$\dot{\epsilon}_1, \dot{\epsilon}_2$ - компоненты тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ,

θ_{Π} - угол падения ЭМВ,

R_{Γ} - модуль коэффициента отражения для горизонтальной поляризации,

φ_{Γ} - фаза коэффициента отражения для горизонтальной поляризации.

В точках измерения исследуемого профиля определяют коэффициент отражения на фиксированной частоте или нескольких частотах спектра.

На основе методики выявления отличий отражательных свойств изотропной и анизотропной сред путем определения резонансных частот модуля коэффициента отражения при различных видах поляризации и параметров диэлектрического наполнителя был модифицирован и адаптирован метод сравнения на фиксированной частоте для поиска УВЗ на основе применения радиоимпульсного электромагнитного излучения. Граница залежи определяется по аномальному изменению (уменьшению) величины коэффициента отражения.

Выбор значения частоты f_1 в диапазоне 58-115 МГц обусловлен резонансным поведением модуля коэффициента отражения при различных видах поляризации и параметров диэлектрического наполнителя. Диапазон частот следования в пределах 0,5-1 МГц определяет диапазон однозначного измерения с учетом глубины залегания УВЗ. Диапазон частоты модуляции 1-10 МГц выбран с учетом обеспечения меньшей погрешности измерений.

Предлагаемый способ был опробован на Восточно-Дроздовском месторождении УВЗ Могилевской области.

При реализации способа использовалось устройство, включающее стационарный передатчик с антенной, приемник с антенной. Модулированное радиоимпульсное излучение стационарного передатчика с вертикальной или горизонтальной поляризацией с частотой f_1 и частотой следования направляется антенной в область предполагаемой залежи. Отраженное радиоимпульсное излучение принимается антенной, поступает в приемник. Высоту подъема антенн H и величину разноса L выбирали из соображений проведения измерений и обеспечения требуемой электромагнитной совместимости устройства. В точках измерения исследуемого профиля определяли коэффициент отражения. Расчетные значения коэффициента отражения определяли по методике, приведенной в источнике [3]. Измеренную величину коэффициента отражения сравнивали с расчетным значением. Аномальное изменение (уменьшение) величины коэффициента отражения свидетельствует о наличии УВЗ. Использовали рамочные антенны длиной 15 см, разнесом $L = 30$ м, высотой $H = 1,0$ м.

Пример 1.

Облучали исследуемый профиль ЭМВ на фиксированной частоте $f_1 = 93$ МГц при вертикальной поляризации ЭМВ с частотой следования радиоимпульсного излучения 0,5 МГц и частотой модуляции $F = 5$ МГц. Принимали отраженное излучение и измеряли коэффициент отражения в точках измерения исследуемого профиля. Задавалась опорная точка, относительно которой измеряли коэффициент отражения вдоль исследуемого профиля. Точки измерения выбирались с дискретной 100 м вдоль прямой линии, проходящей через опорную точку и предполагаемую границу. На границе залежи (пикет 29) происходит уменьшение коэффициента отражения до величины 0,45. По аномальным значениям коэффициента отражения определяли границу УВЗ.

Пример 2.

Облучали исследуемый профиль ЭМВ на фиксированной частоте $f_1 = 115$ МГц при горизонтальной поляризации ЭМВ с частотой следования радиоимпульсного излучения 1,0 МГц и частотой модуляции $F = 10$ МГц. Принимали отраженное излучение и измеряли коэффициент отражения в точках измерения исследуемого профиля. На границе залежи (пикет 29) происходит уменьшение коэффициента отражения до величины 0,40. По аномальным значениям коэффициента отражения определяли границу УВЗ.

Пример 3.

Облучали исследуемый профиль ЭМВ на фиксированной частоте $f_1 = 58$ МГц при вертикальной поляризации ЭМВ и частотой следования радиоимпульсного излучения 0,5 МГц. Модификация импульсного метода с применением модуляции основана на определении резонансных частот по разработанной методике, а в качестве модулирующей нужно использовать частоту в диапазоне 1-10 МГц, соответствующую электронному циклотронному резонансу, что повысит уровень однозначного определения границ залежи. Экспериментальные исследования показывают, что применение частоты 2 МГц дает наибольшую точность измерений.

На фиг. 1 и 2 приведены графики по результатам измерения коэффициента отражения. На фиг. 1 приведены результаты измерения коэффициента отражения $R_{отр}$ от расстояния вдоль геопрофиля r на частотах 93 МГц при вертикальной поляризации ЭМВ с частотой следования радиоимпульсного излучения 0,5 МГц и частотой модуляции $F = 5$ МГц (кривая а) и 115 МГц при горизонтальной поляризации ЭМВ с частотой следования радиоимпульсного излучения 1,0 МГц и частотой модуляции $F = 10$ МГц (кривая б), на фиг. 2 - результаты измерения погрешности определения границы УВЗ Δr от частоты модуляции F на частоте 58 МГц при вертикальной поляризации ЭМВ с частотой следования радиоимпульсного излучения $f_2 = 0,5$ МГц с частотой модуляции в диапазоне 1-10 МГц.

Также проводились испытания способа-прототипа.

Сравнительная оценка заявляемого способа и прототипа приведена в таблице.

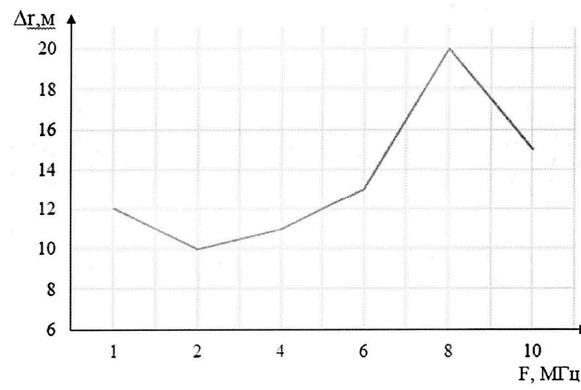
Способ	Режим	Точность
Прототип	частота сигнала 7,0 ГГц, разностная частота 10 МГц	20 м
	частота сигнала 8,0 ГГц, разностная частота 15 МГц	15 м
	частота сигнала 9,0 ГГц, разностная частота 30 МГц	18 м
Заявляемый	частота сигнала 58 МГц, вертикальная поляризация ЭМВ, частота следования радиоимпульсного излучения $f_2 = 0,5$ МГц, частота модуляции 2 МГц	10 м
	частота сигнала 93 МГц, вертикальная поляризация ЭМВ, частота следования радиоимпульсного излучения $f_2 = 0,5$ МГц, частота модуляции 5 МГц	12 м
	частота сигнала 115 МГц, горизонтальная поляризация ЭМВ, частота следования радиоимпульсного излучения $f_2 = 1$ МГц, частота модуляции 10 МГц	12 м

Результаты проведенных испытаний подтвердили повышение точности определения границ УВЗ заявляемого способа на 20-30 %.

Источники информации:

1. Патент США US 2994031, НКИ 324-6, 1961.
2. Патент РФ 3426, МПК G 01V 3/12, 2000 (прототип).
3. Качан И.А., Иванова Е.Ю., Гололобов Д.В. Оценка контраста отраженных характеристик анизотропной и изотропной сред. Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций. РТ-2012. Материалы 8-й Междунар. молодежной науч.-техн. конф. - Севастополь, 2012. - С. - 403.

ВУ 23179 С1 2020.10.30



Фиг. 2