

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



(19) **ВУ** (11) **3426**
(13) **С1**
(51)⁶ G 01V 3/12

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАТЕНТНЫЙ
КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

(54) **СПОСОБ ГЕОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ**

(21) Номер заявки: 970349
(22) 1997.06.30
(46) 2000.06.30

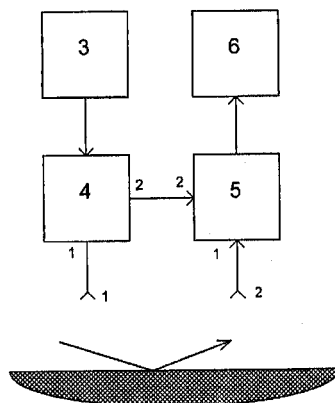
(71) Заявитель: Полоцкий государственный университет (ВУ)
(72) Авторы: Гололобов Д.В., Янушкевич В.Ф. (ВУ)
(73) Патентообладатель: Полоцкий государственный университет (ВУ)

(57)

Способ геоэлектроразведки углеводородных залежей, при котором исследуемый профиль облучают электромагнитной волной на фиксированной частоте f_1 , измеряют напряженность электрического поля отраженного сигнала в точках измерения исследуемого профиля и по результатам измерений определяют границу залежи, отличающийся тем, что смешивают отраженный сигнал с опорным, в качестве которого используют сигнал с частотой f_1 , измеряют смешанный сигнал на фиксированной разностной частоте f_2 в диапазоне 10...30 МГц, причем частоту f_1 выбирают в интервале 7,0...9,0 ГГц, по результатам измерений выделяют аномальные значения сигнала разностной частоты, по которым определяют границу углеводородной залежи.

(56)

1. SU 1672392 A1, МПК G 01V 3/08, 1991.
2. US 2994031, НК 324-6, 1961 (прототип).
3. SU 1264122 A1, МПК G 01V 3/08, 1986.
4. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. - М.: Советское радио, 1971. - С. 145-146.
5. Гололобов Д.В., Москвичев В.Н., Стадник Ю.Н. Аналитическое и экспериментальное исследование взаимодействия электромагнитных волн с углеводородными залежами. Геология нефти и газа. - М.: Геоинформмарк, 1995. - № 3. - С. 26-30.
6. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. - М.: Наука, 1989. - С. 535-536.



Фиг. 1

ВУ 3426 С1

Изобретение относится к поисковой геофизике и может быть использовано при поиске, разведке и оконтуривании углеводородных залежей.

Известен способ геоэлектроразведки [1], при котором возбуждают в земле электромагнитное поле двух частот f_1 и f_2 , выделяют в точках приема сигналы этих двух частот, измеряют амплитуды сигналов и фазовый сдвиг между ними, определяют величину нелинейных эффектов в породах, по которой судят о наличии полезных ископаемых. Недостатками известного способа являются низкая разрешающая способность и сложность технической реализации способа.

Наиболее близким к предложенному является способ отраженных волн [2], 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 углеводородной залежи. Недостатками известного способа являются низкая точность, обусловленная высоким уровнем помех в используемом диапазоне частот, ограничение расстояния между приемником и передатчиком, связанное с конечными чувствительностью и мощностью передатчика, большие габариты антенн, а также неоднозначность идентификации аномалий напряженности электрического поля по виду полезного ископаемого.

Задачей изобретения является повышение точности и достоверности.

Решение поставленной задачи в способе достигается тем, что исследуемый профиль облучают электромагнитной волной на фиксированной частоте f_1 , измеряют напряженность электрического поля отраженного сигнала в точках измерения исследуемого профиля и по результатам измерений определяют границу залежей, смешивают отраженный сигнал с опорным, в качестве которого используют сигнал с частотой f_1 , измеряют смешанный сигнал на фиксированной разностной частоте f_2 в диапазоне 10...30 МГц, причем частоту f_1 выбирают в интервале 7...9 ГГц, по результатам измерений выделяют аномальные значения сигнала разностной частоты, по которым определяют границу углеводородной залежи.

Сущность изобретения заключается в следующем.

Согласно [3] залежь углеводородов - объем редуцированных пород - окружающее геологическое пространство - образуют естественный электромагнитный колебательный контур - излучающую систему, источником возбуждения которой является переменное электромагнитное поле Земли. Пусть сигнал излучающей системы имеет вид:

$$e(t) = e \cdot \cos(2\pi F t), \quad (1)$$

а возбуждающая электромагнитная волна также имеет гармонический характер:

$$e_1(t) = E_1 \cos(2\pi f_1 t), \quad (2)$$

где $e(t)$ и $e_1(t)$ - мгновенные значения напряженности электрического поля данных сигналов;

E_1, e, f_1, F - амплитуды и частоты колебаний.

Тогда на вмещающие породы над залежью воздействует сумма сигналов (1) и (2),

$$E(t) = e(t) + e_1(t)$$

Или после преобразования по Гильберту [4]

$$E(t) = E_1 \left(1 + \frac{1}{k_e} \cos 2\pi \Delta F t \right) e^{1j\varphi(t)}, \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= 2\pi f_1 (1 + K_F + k_e^2) + k_e \sin(2\pi \Delta F t); \\ \Delta F &= f_1 - F; k_e = e/E_1; K_F = f_1/F. \end{aligned} \quad (3^*)$$

Как показано в [5], среда над залежью углеводородов обладает анизотропными свойствами, обусловленными перемещением электронно-ионного потока от залежи к дневной поверхности. При учете слабого геомагнитного поля данное перемещение описывается уравнением движения частиц вида:

$$jm\vec{V}_i(\tilde{\omega} - j\tilde{\nu}) = q\vec{E} + q\mu_0[\vec{V}, \vec{H}_0],$$

где m, q, V_i - масса, заряд и скорость движения электрона;

$H_0 = 39$ А/м - постоянное поле Земли;

$\mu_0 = 12,56 \cdot 10^{-7}$ Гн/м - магнитная проницаемость вакуума.

Величинами, характеризующими степень нелинейного взаимодействия, являются частоты зондирующего сигнала и столкновения:

$$\begin{aligned} \tilde{\omega} &= 2\pi f_1 (1 + k_e^2 + k_e K_F \cos(2\pi \Delta F t)) \\ \tilde{\nu} &= \nu - k_e 2\pi \Delta F \sin(2\pi \Delta F t), \end{aligned} \quad (5)$$

ВУ 3426 С1

где ν - частота столкновения частиц без учета нелинейного эффекта.

При воздействии суммы двух сигналов (3) на анизотропную среду комплексная диэлектрическая проницаемость вмещающих пород над углеводородной залежью описывается тензором:

$$\tilde{\epsilon} = \begin{vmatrix} \dot{\epsilon}_1 - j\dot{\epsilon}_2 & 0 \\ j\dot{\epsilon}_2 & \dot{\epsilon}_1 & 0 \\ 0 & 0 & \dot{\epsilon}_3 \end{vmatrix} \quad (6)$$

компоненты которого оказываются функциями амплитуд поля

$$\begin{aligned} \dot{\epsilon}_1 &= \dot{\epsilon}(t) - \sum_i \frac{\tilde{\omega} - j\tilde{\nu}_i}{\omega_1} \cdot \frac{\omega_{pi}^2}{(\tilde{\omega} - j\tilde{\nu}_i)^2 - \omega_{Hi}^2} \\ \dot{\epsilon}_2 &= \sum_i \frac{\omega_{Hi}}{\omega_1} \cdot \frac{\omega_{pi}^2}{(\tilde{\omega} - j\tilde{\nu}_i)^2 - \omega_{Hi}^2} \\ \dot{\epsilon}_3 &= \dot{\epsilon}(t) - \sum_i \frac{\omega_{pi}^2}{(\tilde{\omega} - j\tilde{\nu}_i)^2 - \omega_i} \\ \dot{\epsilon}(t) &= \epsilon_r (1 + K_F) - j \frac{\sigma}{\omega_1 \epsilon_0} + \epsilon_r \frac{1 - K_F}{k_e} \cdot e^{-j\pi \Delta F t}, \end{aligned} \quad (7)$$

где ϵ_r, σ - диэлектрическая проницаемость и проводимость вмещающих пород;

ϵ_0 - диэлектрическая проницаемость вакуума;

$\omega_1 = 2\pi f_1$ - частота воздействующего сигнала;

$\omega_{pi} = \sqrt{N_i / qm}$; $\omega_{Hi} = (q\mu_0 H_0 / m)$ - плазменная и гиромагнитная частоты;

N_i - концентрация частиц i -го сорта.

Если "мощная" воздействующая волна ($K_e \ll 1$) несет некоторый сигнал, то соответственно этому сигналу оказывается промодулированной частота столкновения $\tilde{\nu}$ (особенно при $K_F \gg 1$), что повлияет на распространяющуюся в среде слабую $\epsilon(t)$ волну и наоборот. При этом слабая волна воспримет эту модуляцию [6].

Численные исследования компонентов тензора (7) при воздействии сигнала $e_1(t)$ с частотами $10^2 - 10^{11}$ Гц для:

$$\epsilon_r = 5.10; \sigma = 0,01 \text{ См/м}; N_e = 10^{16} + 10^{17} \text{ м}^{-3}$$

показали, что максимальное проявление нелинейного эффекта взаимодействия сигнала (3) со средой оказывается в диапазоне частот 10...30 МГц, когда частота зондирующего сигнала f_1 близка или выше частоты столкновений между электронами и ионами.

Таким образом, за счет регистрации напряженности поля на комбинационной частоте $f_2 = f_1 \pm f_{1,отр}$, где $f_{1,отр}$ - отраженная волна (использование нелинейного преобразования зондирующего сигнала и сигнала естественной излучающей системы в условиях анизотропии среды - использование комбинации $f_2 = \Delta F[\text{см}(3^*)]$), повышается достоверность определения границы и точность оконтуривания залежи.

На фиг. 1 изображено устройство для реализации предложенного способа; фиг. 2 — график зависимости отношения измеренного и базового сигналов от расстояния вдоль профиля.

Устройство, реализующее способ, состоит (фиг. 1) из антенных датчиков 1 и 2, генератора 3, делителя сигнала 4, смесителя 5 и приемника 6. Выход генератора 3 соединен со входом делителя 4. Выход 1 делителя 4 соединен со входом антенного датчика 1, а выход 2 делителя подключен ко входу 2 смесителя 5. Выход антенного датчика 2 соединен со входом 1 смесителя 5. Выход смесителя 5 соединен со входом приемника 6.

В качестве антенных датчиков 1 и 2 в диапазоне частот 7,0...9,0 ГГц можно использовать рупорные антенны или другие направленные излучатели. В качестве генератора 3 можно использовать стандартный источник СВЧ излучения соответствующего диапазона частот. В качестве делителя 4 можно использовать стандартные мостовые СВЧ соединения.

Приемник 6 выполняется по супергетеродинной схеме и настраивается на дискретную частоту из диапазона 10,0...30,0 МГц.

Устройство работает следующим образом.

Сигнал с частотой f_1 , вырабатываемый генератором 3, поступает на вход делителя 4, где происходит деление сигнала на два с равными амплитудами. Сигнал с выхода 1 делителя поступает на первый антенный датчик 1, который облучает исследуемый участок поверхности

ВУ 3426 С1

сигналом СВЧ. Отраженный от поверхности сигнал принимается вторым антенным датчиком 2. Первый и второй антенные датчики устанавливают на фиксированной высоте от поверхности земли либо непосредственно на ней. В смесителе 5 происходит смешивание двух сигналов с частотами f_1 и $f_{1,отр}$, в результате чего на вход приемника 6 поступает сигнал с амплитудой A и частотой f_2 .

Измерения производят в контрольных точках геопрофиля. По скачку регистрируемого сигнала определяют границу углеводородной залежи.

Пример реализации способа. Частота зондирующего сигнала — $f_1 = 8,5$ ГГц. Первый и второй антенные датчики выполнены в виде рупорных антенн с раскрывом (100x150)мм. Приемник выполнен по супергетеродинной схеме и имеет две дискретные частоты:

$$f_2^{(1)} = 15 \text{ МГц}$$

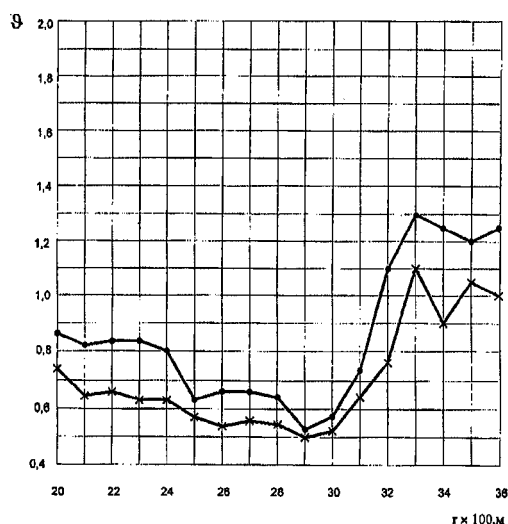
$$f_2^{(2)} = 30 \text{ МГц} .$$

На фиг. 2 приведены результаты экспериментальных исследований — зависимость отношения $\vartheta = A/E$ (E — амплитуда собственного излучения вмещающих пород) от расстояния вдоль профиля r , где точки и крестики соответствуют реальным значениям отношения ϑ на частотах $f_2^{(1)}$ и $f_2^{(2)}$ соответственно. Как видно из графика, граница залежи располагается на пикете № 29, так как величина ϑ в этой точке имеет минимальное значение. Эффект нелинейного взаимодействия сигналов проявляется в снижении амплитуды A , что приводит к уменьшению отношения ϑ до значений 0,53 и 0,5. Вне контура эффект отсутствует и величина ϑ близка к 1 - отклонение составляет $\Delta\vartheta = \pm 0,2$ в контрольных точках $r \geq 32$.

Предлагаемый способ и устройство были апробированы в работах Центральной нефтегазовой геофизической экспедиции ПО "Беларусгеология". Результаты представленных измерений подтверждены данными сейсморазведки и скважного бурения.

Использование предлагаемого способа геоэлектроразведки углеводородных залежей обеспечивает по сравнению с существующими аналогами следующие преимущества:

1. Повышение точности определения границ углеводородных залежей;
2. Однозначность определения скоплений углеводородов при использовании эффекта нелинейного взаимодействия сигналов в условиях анизотропии;
3. Выбор конкретных частот при ведении разведки;
4. Существенное снижение массы и габаритов устройства геоэлектроразведки;
5. Повышение мобильности устройств разведки;
6. Повышение производительности работ при поисках углеводородов.



Фиг. 2