Учреждение образования

«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

УДК 621.371

Янушкевич Виктор Францевич

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКА И ОБНАРУЖЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХЧАСТОТНЫХ И МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

05.12.04 - Радиотехника, в том числе системы и устройства радионавигации, радиолокации и телевидения

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Минск – 2002

Работа выполнена в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники

Научный руководитель - Заслуженный деятель науки РБ, доктор физико-математических наук, профессор Кураев А.А., Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, кафедра антенн и устройств СВЧ

Официальные оппоненты: Доктор технических наук, профессор Чердынцев В.А., Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, кафедра радиотехнических устройств
Доктор технических наук, профессор Вилькоцкий М.А., НИИ «Гипросвязь», лаборатория электромагнитных измерений

Оппонирующая организация - НИИ радиоматериалов, г. Минск

Защита состоится « 6 » июня 2002г. в 14^{00} часов на заседании совета по защите диссертаций Д. 02.15.02 в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники по адресу: 220027, г. Минск, ул. П.Бровки.6, тел. учёного секретаря (017)239-88-19

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Автореферат разослан «2» мая 2002г.

Учёный секретарь
совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент Н.В. Тарченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации

В последнее время наметилась тенденция активного применения электромагнитных методов (ЭММ) в поисковой геофизике. Важнейшей особенностью данных методов является высокая чувствительность и возможность их использования в сложной геологической обстановке на стадии уточнения границ и мощностей (объёмов) полезных ископаемых (ПИ). Эффективное их применение объясняется достаточными уровнями достоверности и точности, экологической чистотой по сравнению с методами грави-, сейсмо- и магниторазведки.

Требования, предъявляемые к информативности и достоверности методов поиска и выделения месторождений и скопления углеводородных залежей (УВЗ) предполагают дальнейшее развитие ЭММ с целью повышения производительности геологоразведочных работ, повышения точности определения границ залежей ПИ.

Анализ существующих методов показывает, что исходя из представления среды над УВЗ как анизотропной неоднородности плазмоподобного типа применение двухчастотных и модулированных сигналов для поиска и выделения УВЗ ведет к повышению точности и уровня достоверности электроразведки углеводородов.

Исследованию взаимодействия двухчастотных электромагнитных волн (ЭМВ) с плазмоподобными неоднородностями с наперёд заданными электродинамическими параметрами посвящено достаточно большое количество работ. Однако, большая их часть посвящена рассмотрению взаимодействия мощного сигнала накачки на гиромагнитной частоте плазмы. Значения частот сигналов, близких к гиромагнитной, при исследовании взаимодействия поверхностных электромагнитных волн (ПЭВ) с замагниченными полупроводниками с геометрией Фойгта, эффекты кроссполяризационного преобразования слабых сигналов в анизотропных средах (АС) в окрестности частоты циклотронного резонанса ограничивают объём проводимых исследований.

Отдельные исследования взаимодействия ЭМВ с УВЗ в режиме двухчастотного сигнала свидетельствуют об электродинамическом отклике магнитоактивной среды посредством изменения параметров диэлектрического заполнения информацией о частоте и амплитуде воздействующей ЭМВ. Анализ высокочастотного зондирования с сигналом низкочастотного подсвета характеризуется появлением в спектре частот распространяющегося сложного сигнала составляющей низкочастотного подсвета за счет перекрестной модуляции при изменении эффективной частоты столкновения заряженных частиц относительно среднего значения (Люксембург-Горьковский эффект) при асимметричном смещении несущей частоты. Результаты исследований однако ограничиваются частным случаем

взаимодействия мощного высокочастотного зондирующего импульса и низкочастотного сигнала гораздо меньшей амплитуды.

Таким образом, применение многочастотных сигналов для поиска и выделения месторождений и скоплений залежей углеводородов, сдерживается из-за отсутствия теоретических исследований процесса взаимодействия со сложными ЭМВ.

Вышеизложенное определяет актуальность разработки методов поиска и выделения УВЗ на основе исследования взаимодействия двухчастотных и модулированных сигналов.

Связь работы с крупными научными программами, темами

Результаты работы получены при выполнении ГБЦ на кафедре АиУСВЧ, проводимых в рамках:

1. Межвузовской программы фундаментальных исследований (МПФИ) «Радиофизика и электромагнитные волны в неоднородных и нелинейных средах» (шифр «Волна»), 1996-2000гг.
2. Межвузовской программы фундаментальных исследований «Разработать новые теоретические и экспериментальные модели и методы исследования процессов управления и самоорганизации в сложных распределённых нелинейных эволюционных системах и применить их для анализа и предсказания естествознания, в социальной, экономической и гуманитарной сферах» (шифр «Синергетика»), 1996-2000гг.

Цель и задачи исследования

Цель диссертационной работы заключается в обосновании выбора характеристик многочастотных ЭМВ, разработке методов и аппаратурных средств для качественного повышения уровня достоверности и точности при поиске и выделении залежей углеводородов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи исследования:

1. Аналитическое описание параметров среды над УВЗ в режиме двухчастотного взаимодействия ЭМВ, а также для случая использования модулированных сигналов.
2. Исследование дисперсии тензоров диэлектрической проницаемости среды над УВЗ в режиме двухчастотных и модулированных сигналов.
3. Анализ основных характеристик многочастотного процесса взаимодействия ЭМВ со средой над залежью углеводородов.
4. Разработка и экспериментальные исследования ЭММ и устройств для повышения уровня достоверности разведки, поиска и оконтуривания месторождений нефти и газа.

Объект и предмет исследования

Объектом исследования является УВЗ в процессе многочастотного взаимодействия с ЭМВ. Предметом исследований являются методы и

аппаратурные средства для качественного повышения эффективности поиска и выделения залежей углеводородов на основе использования многочастотных сигналов.

Методология и методы проведённого исследования

Результаты исследований, представленных в работе, получены путём математического и экспериментального моделирования процесса взаимодействия ЭМВ с УВЗ в режимах многочастотных сигналов.

Основными методами проведённого исследования являются:

- метод квазигидродинамического приближения;
- метод преобразования Гильберта;
- экспериментальная проверка модели взаимодействия ЭМВ с УВЗ на реальном месторождении нефти и в лабораторных условиях.

Научная новизна и значимость полученных результатов

1. Впервые получены общие выражения компонентов тензоров диэлектрической проницаемости АС при воздействии двухчастотных и модулированных сигналов.
2. Определены закономерности трансформации частотных зависимостей компонентов тензоров диэлектрической проницаемости АС от соотношения частот, амплитуд двухчастотных сигналов.
3. Установлена зависимость коэффициентов Френеля, контраста отражательных характеристик АС от частоты при различных углах падения двухчастотных ЭМВ.
4. Впервые определены закономерности изменения поверхностного импеданса АС в режиме двухчастотных сигналов.
5. На основе исследования двухчастотного взаимодействия определено понятие частоты сигнала подсвета.
6. На основе исследований взаимодействия двухчастотных и модулированных ЭМВ и АС предложены новые способы поиска, разведки и оконтуривания УВЗ, обеспечивающие повышение эффективности и точности выделения залежей углеводородов.
7. Разработаны аппаратурные средства на основе использования двухчастотных и модулированных сигналов, обеспечивающие повышение уровня точности поиска и выделения залежей углеводородов.

Практическая значимость полученных результатов

1. Предложенная электродинамическая модель исследуемой среды может быть использована для широкого класса анизотропных сред естественного и искусственного происхождения.
2. Проведённый анализ частотной зависимости компонентов тензора диэлектрической проницаемости АС позволяет представить рекомендации для разработки эффективных радиотехнических систем (РТС) поиска углеводородов.

3. Проведённый анализ отражательных характеристик и поверхностного импеданса среды над УВЗ в режиме двухчастотного взаимодействия позволяет определить частоты и амплитуды, при которых наблюдаются изменения электродинамических параметров среды над залежью, которые могут быть положены за основу построения методов обнаружения и выделения УВЗ.
4. Технические решения, позволяющие повысить точность выделения границ УВЗ, снизить массу и габариты устройства для ведения разведки.
5. Способы поиска, разведки и оконтуривания УВЗ на исследуемых участках земной поверхности, обеспечивающие повышение эффективности и точности выделения залежей углеводородов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

1. Электродинамическая частотнозависимая модель АС над УВЗ при воздействии двухчастотных и модулированных сигналов.
2. Метод поиска и оконтуривания УВЗ на основе использования двухчастотного сигнала.
3. Существенное улучшение способов поиска и выделения УВЗ, основанных на использовании оптимальных соотношений амплитуд и частот воздействующих сигналов.
4. Результаты исследования взаимодействия двухчастотных и модулированных поверхностных волн со средой над УВЗ.
5. Принципы построения РТС и устройств для поиска и выделения УВЗ на фоне подстилающей среды.
6. Результаты моделирования и натурных испытаний на основе регистрации напряжённости поля на комбинационной частоте и использование вспомогательного сигнала подсвета.
7. Способ геоэлектроразведки, основанный на выделении сигнала на комбинационной частоте и подтвержденный патентом РБ.

Личный вклад соискателя

Теоретические и экспериментальные исследования по разработке методов поиска и выделения УВЗ на основе двухчастотных и модулированных сигналов осуществлялись автором в научной группе, руководимой докт. физ.-мат. наук Кураевым А.А.

Подготовка публикаций по теме диссертации осуществлялась совместно с соавторами: канд. техн. наук Москвичёвым В.Н., канд. техн. наук Гололобовым Д.В., канд. физ.-мат. наук Цывис Н.В.

Лично соискателем осуществлялись:

- информационный поиск и сравнительный анализ известных методов поиска и выделения углеводородов;
- вывод тензоров диэлектрической проницаемости АС в режиме двухчастотных и модулированных сигналов;

- моделирование взаимодействия ЭМВ со средой над УВЗ для двухчастотных и модулированных сигналов;
- анализ частотных зависимостей компонентов тензоров диэлектрической проницаемости и поверхностного импеданса среды над УВЗ в режиме двухчастотных и модулированных сигналов;
- выбор оптимальных параметров ЭМВ для поиска и выделения углеводородов;
- разработка ЭММ и устройств для повышения точности и достоверности разведки, поиска и оконтуривания месторождений нефти и газа.

Апробация результатов диссертации

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 35 Всероссийской межвузовской НТК (Владивосток, 1992), XXI НТК в рамках проблемы "Наука и мир" (Брест, 1994), НТК "Современные проблемы радиотехники, электроники и связи", посвященной 100-летию радио (Минск, 1995), международной 52-ой НТК профессоров, преподавателей, научных работников, аспирантов и студентов БГПА "Технические вузы – республике" (Минск, 1997), 20 Международном симпозиуме студентов и молодых ученых (Зелена Гура, 1998), 5 Всероссийской НТК "Состояние и проблемы технических измерений" (Москва, 1998), на международном научно-техническом семинаре (Новополоцк, 2000).

Опубликованность результатов

Основные результаты диссертации опубликованы в 16 научных работах, из которых 3 статьи в научных журналах, 1 статья в сборниках материалов конференций, 3 депонированные статьи, 7 тезисов докладов на научно-технических конференциях, 1 патент, 1 заявка на изобретение. Общий объём опубликованных работ составляет 64 страницы.

Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 4 глав, заключения, списка использованных источников и 4 приложений.

Полный объём диссертации составляет 120 стр., включая 95 рисунков и 8 таблиц на 67 стр., 4 стр. приложения. Список использованных источников состоит из 104 наименований на 7 стр.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрено состояние проблемы, показана актуальность темы.

Общая характеристика работы содержит обоснование актуальности темы, научную новизну и значимость полученных результатов, уточняет цель и задачи исследования. Здесь же приведены защищаемые положения, указан личный вклад соискателя, апробация и опубликованность результатов, а также структура диссертации.

В первой главе проведено моделирование среды над УВЗ при воздействии двухчастотных и модулированных ЭМВ.

Результаты исследований показывают, что условия распространения радиоволн (РРВ) над залежью нефти и газа отличаются от данных, полученных при исследовании образцов пород, отобранных непосредственно над контурами УВЗ. При этом аномалии электромагнитного поля (ЭМП) на реальном месторождении могут достигать нескольких десятков процентов. Данные расхождения объясняются влиянием углеводородов на электрические свойства среды над УВЗ.

Предлагаемая модель основана на следующей интерпретации физических процессов над УВЗ.

Окружающее углеводороды пространство находится в физическом и химическом балансе с воздушным пространством и содержит твердый кристаллический скелет, пронизанный электролитом и проводящими включениями за счет минералов с электронной проводимостью. Под действием высоких температур и пластового давления над залежью углеводородов происходят электрохимические процессы, приводящие к образованию на границе контакта с окружающей УВЗ средой промежуточной области, характеризующейся избытком свободных электронов, приводящих к появлению геомагнитной аномалии из-за проявления диамагнитных свойств перемещающихся частиц в среде. Данное явление можно объяснить действием лоренцевой силы при движении электрона в постоянном магнитном поле, вследствие чего заряд испытывает центростремительное ускорение и движение по винтовой линии. Вращательное перемещение электронов приводит к возникновению тока, текущего в перпендикулярной к намагничивающему полю плоскости, вследствие чего создается собственное магнитное поле, направленное против внешнего, ослабляющего геомагнитное поле над УВЗ.

Вследствие этого среда над УВЗ представлена в виде анизотропного образования плазмоподобного типа.

Для исследования процесса РРВ в плазмоподобной среде следует отдать предпочтение квазигидродинамическому приближению с использованием многочастичных электронно-ионных токов.

В рамках этого приближения уравнение движения электрона имеет вид:

$$m\frac{d\dot{\vec{\vartheta}}_e}{dt}+\sum_i \nu_i m\dot{\vec{\vartheta}}_e = q_e\dot{\vec{E}}+q_e\mu_0\left[\dot{\vec{\vartheta}}_e,\dot{\vec{H}}_0\right], \qquad (1)$$

где $m, q_e, \dot{\vec{\vartheta}}_e$ - масса, заряд и скорость движения электрона, ν_i - частота столкновений электрона с тяжелыми частицами i-го сорта, μ_0 - магнитная проницаемость вакуума, $\dot{\vec{E}}$ - напряженность электрического поля ЭМВ, $\dot{\vec{H}}_0$ - напряженность магнитного поля Земли.

Плотность полного тока в АС под действием ЭМВ с частотой ω определяется токами в диэлектрическом наполнителе среды $\delta_{см}$ с проницаемостью ε_r ($\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot 10^{-12}$ Ф/м - диэлектрическая проницаемость вакуума) и включает ток проводимости $\delta_{пр}$ с известными значениями заряда q_i и концентрации частиц N_i.

$$\dot{\vec{\delta}}_\Sigma=\dot{\vec{\delta}}_{CM}+\dot{\vec{\delta}}_{ПР}=j\cdot\omega\cdot\varepsilon_0\cdot\varepsilon_r\cdot\dot{\vec{E}}+\sum_{i=1}^{N}q_i\cdot N_i\cdot\dot{\vec{\vartheta}}_i. \qquad (2)$$

Совместное решение уравнений (1) и (2) позволяет представить тензор диэлектрической проницаемости в виде:

$$\dot{\tilde{\varepsilon}} = \begin{vmatrix} \dot{\varepsilon}_1 & -j\dot{\varepsilon}_2 & 0 \\ j\dot{\varepsilon}_2 & \dot{\varepsilon}_1 & 0 \\ 0 & 0 & \dot{\varepsilon}_3 \end{vmatrix}. \qquad (3)$$

Информация о свойствах АС заложена в компонентах тензора (3) $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$, подлежащих исследованию в различных режимах взаимодействия среды с ЭМВ.

Исследование процесса взаимодействия двухчастотной ЭМВ на АС представляет теоретический и практический интересы, связанные с поиском новых решений при реализации новых и модернизации действующих ЭММ.

Вывод компонентов тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ при воздействии бигармонического сигнала:

$$e(t)=E_1\cos(\omega_1 t)+E_2\cos(\omega_2 t), \qquad (4)$$

где E_1, E_2, ω_1, ω_2 соответственно амплитуды и частоты ЭМВ,
проведён для двух случаев взаимодействия с АС:
- режима I - мощного низкочастотного (НЧ) и маломощного высокочастотного (ВЧ) сигналов:

$$k_E = \frac{E_2}{E_1} << 1,\ k_\omega = \frac{\omega_1}{\omega_2} << 1;$$

- режима II - мощного ВЧ и маломощного НЧ сигналов:

$$k_E >> 1,\ k_\omega << 1.$$

Компоненты тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ для режима I определяются выражениями:

$$\begin{cases} \dot{\varepsilon}_1 = \varepsilon_r \dfrac{\tilde{\omega}_1}{\omega_2} + \sum\limits_{i=1}^{2} \left\{ \dfrac{\omega_{\Pi i}^2 \tilde{\omega}_1}{\omega_2} \dfrac{\omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_1^2 - \nu_i^2}{(\nu_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_1^2)^2 + 4\tilde{\omega}_1^2 \nu_i^2} - \right. \\ \left. - j\left[\dfrac{-\varepsilon_r k_E (1-k_\omega)\sin\alpha t}{1 + k_E \cos\alpha t} + \dfrac{\sigma_r}{\omega_2 \varepsilon_0} + \dfrac{\omega_{\Pi i}^2 \nu_i}{\omega_2} \dfrac{\tilde{\omega}_1^2 + \nu_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2}{(\nu_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_1^2)^2 + 4\tilde{\omega}_1^2 \nu_i^2} \right] \right\}, \\ \dot{\varepsilon}_2 = \sum\limits_{i=1}^{2} \left\{ \dfrac{\omega_{\Pi i}^2 \omega_{\Gamma i}}{\omega_2} \dfrac{\omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_1^2 + \nu_i^2}{(\nu_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_1^2)^2 + 4\tilde{\omega}_1^2 \nu_i^2} - \dfrac{2j\tilde{\omega}_1 \nu_i \omega_{\Pi i}^2 \omega_{\Gamma i}}{[(\nu_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_1^2)^2 + 4\tilde{\omega}_1^2 \nu_i^2]\omega_2} \right\}, \\ \dot{\varepsilon}_3 = \varepsilon_r \dfrac{\tilde{\omega}_1}{\omega_2} + \sum\limits_{i=1}^{2} \left\{ \dfrac{\omega_{\Pi i}^2 \tilde{\omega}_1}{\omega_2} \dfrac{1}{\nu_i^2 + \tilde{\omega}_1^2} - j\left[\dfrac{-\varepsilon_r k_E (1-k_\omega)\sin\alpha t}{1 + k_E \cos\alpha t} + \dfrac{\sigma_r}{\omega_2 \varepsilon_0} + \dfrac{\omega_{\Pi i}^2 \nu_i}{\omega_2} \dfrac{1}{\tilde{\omega}_1^2 \nu_i^2} \right] \right\}, \end{cases} \quad (5)$$

где $\tilde{\omega}_1 = \omega_2 \left[k_\omega + k_E^2 + k_E (1 - k_\omega) \cos\alpha t \right],$ (6)

плазменная частота

$$\omega_{\Pi_i} = q_i \left(\frac{N_i}{m_i \varepsilon_0} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (7)$$

гиротропная частота

$$\omega_{\Gamma i} = \frac{q_i \mu_0 H_0}{m_i}, \quad (8)$$

разность частот двух колебаний

$$\alpha = \Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = \omega_2 (1 - k_\omega). \quad (9)$$

Существенным отличием одночастотного и двухчастотного режимов взаимодействия ЭМВ с АС является наличие в (5) переменной $\tilde{\omega}_1$, зависящей от параметров двух взаимодействующих со средой над залежью сигналов k_E и k_ω, которые могут варьироваться в широких пределах, вызывая различный электродинамический отклик среды на воздействие сложной ЭМВ.

Компоненты тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ в режиме II имеют вид:

$$
\begin{cases}
\dot{\varepsilon}_1 = \varepsilon_r \dfrac{\tilde{\omega}_2}{\omega_2} + \sum\limits_{i=1}^{2} \left(\dfrac{\omega_{Pli}^2 \tilde{\omega}_2}{\omega_2} \dfrac{\omega_{Pli}^2 - \tilde{\omega}_2^2 - \nu_i^2}{(\nu_i^2 + \omega_{Pli}^2 - \tilde{\omega}_2^2)^2 + 4\tilde{\omega}_2^2 \nu_i^2} - j\left[\dfrac{\sigma_r}{\omega_2 \varepsilon_0} + \right.\right. \\
\qquad \left.\left. + \dfrac{\omega_{Pli}^2 \nu_i}{\omega_2} \dfrac{\tilde{\omega}_2^2 + \nu_i^2 + \omega_{Pli}^2}{(\nu_i^2 + \omega_{Pli}^2 - \tilde{\omega}_2^2)^2 + 4\tilde{\omega}_2^2 \nu_i^2} \right] \right), \\
\dot{\varepsilon}_2 = \sum\limits_{i=1}^{2} \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{\omega_{Pli}^2 \omega_{Pli}}{\omega_2} \dfrac{\omega_{Pli}^2 - \tilde{\omega}_2^2 + \nu_i^2}{(\nu_i^2 + \omega_{Pli}^2 - \tilde{\omega}_2^2)^2 + 4\tilde{\omega}_2^2 \nu_i^2} - \\ - \dfrac{2j\tilde{\omega}_2 \nu_i \omega_{Pli}^2 \omega_{Pli}}{[(\nu_i^2 + \omega_{Pli}^2 - \tilde{\omega}_2^2)^2 + 4\tilde{\omega}_2^2 \nu_i^2]\omega_2} \end{array} \right\}, \\
\dot{\varepsilon}_3 = \varepsilon_r \dfrac{\tilde{\omega}_2}{\omega_2} - \sum\limits_{i=1}^{2} \left\{ \dfrac{\omega_{Pli}^2 \tilde{\omega}_2}{\omega_2} \dfrac{1}{\nu_i^2 + \tilde{\omega}_2^2} - j\left[\dfrac{\sigma_r}{\omega_2 \varepsilon_0} + \dfrac{\omega_{Pli}^2 \nu_i}{\omega_2} \dfrac{1}{\tilde{\omega}_2^2 + \nu_i^2} \right] \right\}.
\end{cases}
\tag{10}
$$

где $\tilde{\omega}_2 = \omega_2 \left[k_\omega + 1 + \dfrac{1 - k_\omega}{k_E} \cos \alpha t \right]$. (11)

Сравнивая выражения (5) и (10) можно сделать вывод, что компоненты тензоров диэлектрической проницаемости среды над УВЗ в режимах I и II имеют существенные отличия. Частотные зависимости составляющих $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ для двух случаев зондирования имеют различный вид. Для режима I существенное влияние оказывают коэффициенты k_E и k_ω, входящие в выражения для мнимых составляющих $\varepsilon_1, \varepsilon_3$, в отличие от режима II.

Анализ тензоров (5) и (10) свидетельствует о том, что воздействие двухчастотных сигналов на АС характеризуется модуляцией параметров диэлектрического наполнителя, зависящих от частотных компонент $\tilde{\omega}_1$ и $\tilde{\omega}_2$.

Отражение сигнала от АС будет наблюдаться на всех частотах, кроме частот резонансного взаимодействия. Изменяя частоты или амплитуды одного из источников формирования поля, можно "искусственно" изменять частоты резонансного взаимодействия сложной ЭМВ и АС.

Компоненты тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ при воздействии амплитудно-модулированного (АМ) сигнала вида:

$$e(t) = E(1 + k_m \cos \Omega t) \cos \omega t, \tag{12}$$

где E – амплитуда несущего колебания,

k_m - коэффициент амплитудной модуляции,

$\Omega = 2\pi F$, $\omega = 2\pi f$ - частоты модулирующего и несущего сигналов, определяются как:

$$\begin{cases} \dot{\varepsilon}_1 = \varepsilon_r + \sum_{i=1}^{2} \left\{ \omega_{\Pi i}^2 \dfrac{\omega_{Pi}^2 - \omega^2 - \nu_i^2}{(\nu_i^2 + \omega_{Pi}^2 - \omega^2)^2 + 4\omega^2\nu_i^2} + j\left[\dfrac{\varepsilon_r k_m \Omega \sin \Omega t}{\omega(1 + k_m \cos \Omega t)} - \dfrac{\sigma_r}{\omega \varepsilon_0} - \dfrac{\omega_{\Pi i}^2 \nu_i}{\omega} \dfrac{\omega^2 + \nu_i^2 + \omega_{Pi}^2}{(\nu_i^2 + \omega_{Pi}^2 - \omega^2)^2 + 4\omega^2\nu_i^2} \right] \right\}, \\ \dot{\varepsilon}_2 = \sum_{i=1}^{2} \left\{ \dfrac{\omega_{\Pi i}^2 \omega_{Pi}}{\omega} \dfrac{\omega_{Pi}^2 - \omega^2 + \nu_i^2}{(\nu_i^2 + \omega_{Pi}^2 - \omega^2)^2 + 4\omega^2\nu_i^2} - \dfrac{2j\nu_i \omega_{\Pi i}^2 \omega_{Pi}}{(\nu_i^2 + \omega_{Pi}^2 - \omega^2)^2 + 4\omega^2\nu_i^2} \right\}, \\ \dot{\varepsilon}_3 = \varepsilon_r + \sum_{i=1}^{2} \left\{ \omega_{\Pi i}^2 \dfrac{1}{\nu_i^2 + \omega^2} + j\left[\dfrac{\varepsilon_r k_m \Omega \sin \Omega t}{\omega(1 + k_m \cos \Omega t)} - \dfrac{\sigma_r}{\omega \varepsilon_0} - \dfrac{\omega_{\Pi i}^2 \nu_i}{\omega} \dfrac{1}{\omega^2 + \nu_i^2} \right] \right\}. \end{cases} \quad (13)$$

Для данного вида взаимодействия характерна зависимость компонентов тензора диэлектрической проницаемости от коэффициента амплитудной модуляции k_m, от модулирующей Ω и несущей ω частот воздействующего сигнала.

При воздействии АМ-сигнала на АС компоненты тензора отличаются от одночастотного режима взаимодействия наличием в мнимых частях диагональных компонентов дополнительной составляющей, зависящей от параметров сигналов:

$$\varepsilon_{\mathrm{Im}\,1,3} = \frac{\varepsilon_r \cdot K_m \cdot \Omega \cdot \sin \Omega \cdot t}{\omega(1 + k_m \cdot \cos \Omega \cdot t)}. \quad (14)$$

Это говорит о том, что частоты резонансного взаимодействия не будут отличаться от частот для гармонического сигнала.

Проведён расчёт компонентов тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ в режиме частотно-модулированного (ЧМ) сигнала вида:

$$e(t) = E_2 \cos(\omega_2 t + \beta \sin \omega_1 t), \quad (15)$$

где E_2 и ω_2 - соответственно амплитуда и частота несущего колебания;

ω_1 - модулирующая частота;

$\beta = \dfrac{\Delta\omega}{\omega_1}$ - индекс модуляции;

$\Delta\omega$ - девиация частоты.

Компоненты тензора определяются выражениями:

$$\begin{cases} \dot{\varepsilon}_1 = \varepsilon_r(1+\beta\cdot k_\omega\cdot\cos\omega_1 t)+\sum\limits_{i=1}^{2}\left\{\begin{array}{l}\dfrac{\omega_{\Pi i}^2\tilde{\omega}_3}{\omega_2}\dfrac{\omega_{\Gamma i}^2-\tilde{\omega}_3^2-\nu_i^2}{(\nu_i^2+\omega_{\Gamma i}^2-\tilde{\omega}^2{}_3)^2+4\tilde{\omega}_3^2\nu_i^2}-j\left[\dfrac{\sigma_r}{\omega_2\varepsilon_0}+\right.\\ \left.+\dfrac{\omega_{\Pi i}^2\nu_i}{\omega_2}\dfrac{\tilde{\omega}_3^2+\nu_i^2+\omega_{\Gamma i}^2}{(\nu_i^2+\omega_{\Gamma i}^2-\tilde{\omega}_3^2)^2+4\tilde{\omega}_3^2\nu_i^2}\right]\end{array}\right\}, \\ \dot{\varepsilon}_2 = \sum\limits_{i=1}^{2}\left\{\dfrac{\omega_{\Pi i}^2\omega_{\Gamma i}}{\omega_2}\dfrac{\omega_{\Gamma i}^2-\tilde{\omega}_3^2+\nu_i^2}{(\nu_i^2+\omega_{\Gamma i}^2-\tilde{\omega}^2{}_3)^2+4\tilde{\omega}_3^2\nu_i^2}-\dfrac{2j\tilde{\omega}_3\nu_i\omega_{\Pi i}^2\omega_{\Gamma i}}{[(\nu_i^2+\omega_{\Gamma i}^2-\tilde{\omega}_3^2)^2+4\tilde{\omega}_3^2\nu_i^2]\omega_2}\right\}, \\ \dot{\varepsilon}_3 = \varepsilon_r(1+\beta\cdot k_\omega\cdot\cos\omega_1 t)+\sum\limits_{i=1}^{2}\left\{\dfrac{\omega_{\Pi i}^2\tilde{\omega}_3}{\omega_2}\dfrac{1}{\nu_i^2+\tilde{\omega}_3^2}-j\left[\dfrac{\sigma_r}{\omega_2\varepsilon_0}+\dfrac{\omega_{\Pi i}^2\nu_i}{\omega_2}\dfrac{1}{\tilde{\omega}_3^2+\nu_i^2}\right]\right\}, \end{cases} \tag{16}$$

где $\tilde{\omega}_3 = \omega_2[1+\beta\cdot k_\omega\cdot\cos\omega_1 t]$, (17)

$$k_\omega = \frac{\omega_1}{\omega_2}. \tag{18}$$

ЧМ-сигнал оказывает существенное влияние на физические процессы в среде над УВЗ. Проявляется это в «модуляции» проницаемости диэлектрического наполнителя (вещественная часть диагональных компонентов), и по сравнению с однотональным режимом взаимодействия, компоненты тензора являются сложной функцией от частотной составляющей $\tilde{\omega}_3$. В отличие от режима воздействия АМ-сигналов на АС в вещественной части для $\dot{\varepsilon}_1$ и $\dot{\varepsilon}_3$ появляется множитель, зависящий от индекса частотной модуляции β и коэффициента k_ω. Вариация величин β, k_ω и ω_1 приводит к трансформации частотных зависимостей комбинированных элементов тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ, что вызывает изменение электродинамического отклика АС, причём изменение индекса ЧМ приводит не только к аномальному поведению амплитуды поля в окрестности границ УВЗ, но и к изменению фазы ЭМВ на частоте электронно-плазменного резонанса.

Осуществлён расчёт компонентов тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ при воздействии сигнала со смешанной амплитудно-частотной модуляцией (АЧМ) вида:

$$e(t) = E_\omega(1+k_m\cos\Omega t)\cos[\omega t+\beta\cdot\cos\Omega t], \tag{19}$$

где E_ω – амплитуда сигнала несущей частоты ω;

k_m, β - соответственно коэффициент АМ и индекс ЧМ,

компоненты тензора принимают вид:

$$
\begin{cases}
\dot{\varepsilon}_1 = \varepsilon_r(1-k_m^2\sin\Omega\cdot t)+\sum\limits_{i=1}^{2}\left\{\dfrac{\omega_{\Pi i}^2\tilde{\omega}_4}{\omega}\dfrac{\omega_{\Gamma i}^2-\tilde{\omega}_4^2-\nu_i^2}{(\nu_i^2+\omega_{\Gamma i}^2-\tilde{\omega}_4^2)^2+4\tilde{\omega}_4^2\nu_i^2}+j\left[\dfrac{\varepsilon_r\beta\cdot k_m\sin\Omega\cdot t}{1+\beta\cdot\cos\Omega\cdot t}-\dfrac{\sigma_r}{\omega\varepsilon_0}-\dfrac{\omega_{\Pi i}^2\nu_i}{\omega}\dfrac{\tilde{\omega}_4^2+\nu_i^2+\omega_{\Gamma i}^2}{(\nu_i^2+\omega_{\Gamma i}^2-\tilde{\omega}_4^2)^2+4\tilde{\omega}_4^2\nu_i^2}\right]\right\},\\
\dot{\varepsilon}_2 = \sum\limits_{i=1}^{2}\left\{\dfrac{\omega_{\Pi i}^2\omega_{\Gamma i}}{\omega}\dfrac{\omega_{\Gamma i}^2-\tilde{\omega}_4^2+\nu_i^2}{(\nu_i^2+\omega_{\Gamma i}^2-\tilde{\omega}_4^2)^2+4\tilde{\omega}_4^2\nu_i^2}-\dfrac{2j\tilde{\omega}_4\nu_i\omega_{\Pi i}^2\omega_{\Gamma i}}{\omega\,[(\nu_i^2+\omega_{\Gamma i}^2-\tilde{\omega}_4^2)^2+4\tilde{\omega}_4^2\nu_i^2]}\right\},\\
\dot{\varepsilon}_3 = \varepsilon_r(1-k_m^2\sin\Omega\cdot t)+\sum\limits_{i=1}^{2}\left\{\dfrac{\omega_{\Pi i}^2\tilde{\omega}_4}{\omega}\dfrac{1}{\nu_i^2+\tilde{\omega}_4^2}+j\left[\dfrac{\varepsilon_r\beta\cdot k_m\sin\Omega\cdot t}{1+\beta\cdot\cos\Omega\cdot t}-\dfrac{\sigma_r}{\omega\varepsilon_0}-\dfrac{\omega_{\Pi i}^2\nu_i}{\omega}\dfrac{1}{\tilde{\omega}_4^2+\nu_i^2}\right]\right\},
\end{cases}
\tag{20}
$$

где $\tilde{\omega}_4 = \omega\left(1-k_m^2\sin\Omega\cdot t\right)$. (21)

Компоненты тензора (20) включают в себя параметры смешанного модулированного сигнала: K_m, β, Ω, K_ω и имеют более сложную зависимость по сравнению с АМ- и ЧМ- сигналами, что позволяет повысить информативность разрабатываемых методов поиска УВЗ.

Во второй главе проводится исследование частотных зависимостей компонентов тензоров диэлектрической проницаемости среды над УВЗ в режиме двухчастотных и модулированных сигналов.

Анализ компонентов проводится с использованием экспериментально полученных и расчётных электродинамических параметров среды над залежами углеводородов:

- отрицательная геомагнитная аномалия $\Delta H=(8{,}0\text{-}15{,}0)10^{-3}$А/м при значении напряжённости магнитного поля Земли H_0=39А/м;
- относительное изменение удельного электрического сопротивления вмещающих пород в пределах контура Земли $\dfrac{\Delta\rho}{\rho}=2-3$ при усреднённых значениях диэлектрической проницаемости $\varepsilon_r=5-10$ и электрической проводимости $\sigma_r=0{,}003-0{,}03 См/м$;
- глубины залегания УВЗ h=2,0-3,5км;
- разность потенциалов между залежью и земной поверхностью $\Delta\varphi$=(0,2-0,4)В при средней температуре в области залежи T=350К;
- концентрации частиц $N_e=N_и=(0{,}3\text{-}12{,}0)10^{16}м^{-3}$;
- дрейфовая подвижность заряженных частиц $\mu=\mu_e=\mu_и=(0{,}5\text{-}2{,}5)м^2/В\cdot с$;
- эффективные частоты столкновений: электронно-ионные $V_{эфф.е}=(0{,}3-1{,}5)10^3c^{-1}$ и ионные $V_{эфф.и}=(0{,}12-0{,}7)10^7c^{-1}$.

Численный расчёт частотных зависимостей ограничен исследованием вещественных частей и аргументов $\dot{\varepsilon}_R=\dot{\varepsilon}_1+\dot{\varepsilon}_2$, $\dot{\varepsilon}_L=\dot{\varepsilon}_1-\dot{\varepsilon}_2$.

Анализ частотного взаимодействия проводился по известной методике, заключающейся в регистрации частот, на которых происходит инверсия

знака вещественных частей комбинированных элементов тензора диэлектрической проницаемости.

Для заданных электродинамических параметров АС в режиме I аномальное поведение напряжённости поля ЭМВ над УВЗ следует ожидать в диапазоне частот f=(1-20)МГц, при которых $\mathrm{Re}\,\dot{\varepsilon}_R = 0$. Обусловлено это проявлением электронного циклотронного и ионного плазменного резонансов взаимодействия. Искажения структуры ЭМП на отрезке частот (1-2,5)ГГц объясняются электронным плазменным и верхнегибридным резонансами взаимодействия ЭМВ и АС.

В режиме II предложено использовать для ведения разведки УВЗ частоту на поддиапазоне (1-3)МГц, обусловленную электронно-циклотронным и ионно-плазменным резонансами. Для достижения большей трансформации ЭМП волн на границах АС необходимо использовать небольшие соотношения амплитуд и частот сложной ЭМВ.

Анализ частотных зависимостей аргумента $\dot{\varepsilon}_R$ при воздействии АМ-сигнала свидетельствует о возможности применения двухканальной РТС с одинаковыми характеристиками сигналов, но с разносом по несущей частоте. При этом необходимо провести сравнение фазовых компонентов двух сигналов.

Воздействие ЧМ-сигнала на АС проявляется в следующем. Индекс модуляции β существенно влияет на изменение частот резонансного взаимодействия. Анализ зависимости вещественной части $\mathrm{Re}\dot{\varepsilon}_R(\mathrm{Re}\dot{\varepsilon}_L)$ от индекса модуляции на частоте электронно-плазменного резонанса свидетельствует о существовании трёх фиксированных β, при которых следует ожидать максимальные искажения структуры поля на границе УВЗ.

<u>В третьей главе</u> исследуются отражательные характеристики многочастотной ЭМВ, воздействующей на АС, на базе существующей теории РРВ.

По критерию максимума контраста коэффициента отражения в режиме I предложено использовать для поиска и выделения УВЗ частоту 100-200 МГц, а в режиме II – частоту 210-250 МГц, соответствующую ярко выраженному минимуму контраста отражательных характеристик.

Анализ поверхностного импеданса среды над УВЗ, проведённый для компонентов

$$\begin{cases} \dot{Z}_{11} = \dot{Z}_{22} = -\dfrac{1}{j2\sqrt{\dot{\varepsilon}_R \dot{\varepsilon}_L}}\left(\sqrt{\dot{\varepsilon}_R} - \sqrt{\dot{\varepsilon}_L}\right), \\ \dot{Z}_{12} = \dot{Z}_{21} = \dfrac{1}{2\sqrt{\dot{\varepsilon}_R \dot{\varepsilon}_L}}\left(\sqrt{\dot{\varepsilon}_R} + \sqrt{\dot{\varepsilon}_L}\right), \end{cases} \qquad (22)$$

свидетельствует об его отличии от импеданса подстилающей среды. Измерение входного импеданса антенн, таким образом, позволяет проводить регистрацию границ УВЗ в режиме II на частоте 200-300 МГц по критерию максимума величины $|z_{11}|$. Установлена частотно-зависимая закономерность поведения ЭМП на границе вмещающих пород и среды над УВЗ. Использование двух альтернативных частот, имеющих импедансное различие, позволяет улучшить идентификацию УВЗ.

В четвёртой главе анализируются результаты натурных экспериментов и лабораторных исследований взаимодействия многочастотных ЭМВ со средой над УВЗ.

Разработан и апробирован метод поиска и выделения УВЗ, основанный на регистрации напряжённости поля на комбинационной частоте $F=f_1 \pm f_{1отр}$, защищённый Патентом РБ. Суть метода заключается в регистрации естественного излучения УВЗ, представленного в виде гармонического колебания, взаимодействующего с полем поверхностной ЭМВ.

Устройство, реализующее метод, строилось по схеме, приведённой на рис.1. Генератор 3 вырабатывает сигнал, соответствующий 8-й гармонике резонансного взаимодействия, обеспечивающего наиболее точное выделение естественного излучения. Часть ЭМВ с частотой f_1 используется в качестве опорной и подаётся на смеситель 5 через направленный ответвитель 4.

Отражённый от среды над залежью сигнал с частотой $f_{1отр}$ поступает на смеситель 5, где происходит смешивание двух сигналов с частотами f_1 и $f_{1отр}$, в результате чего на вход приёмника 6 поступает сигнал с амплитудой А и частотой F. Супергетеродинный приёмник настраивается на дискретную частоту. Экспериментальные исследования метода проводились на двух частотах: $F^{(1)}$=15МГц; $F^{(2)}$=30МГц.

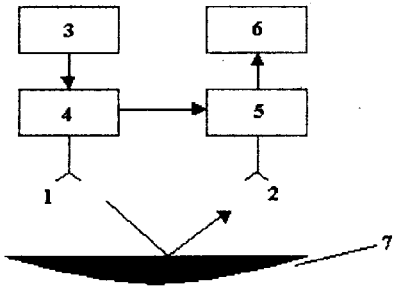

Рис.1. Структурная схема устройства, реализующего способ естественного излучения УВЗ:

1,2 – антенны; 3 – генератор; 4 - делитель; 5 – смеситель; 6 – приемник; 7 – исследуемая среда.

Аттестация метода проведена по зависимости отношения V=A/E, где A – регистрируемая величина напряжённости, E – амплитуда собственного излучения вмещающих пород, от расстояния вдоль профиля.

Установлено, что на границе залежи величина V имеет минимальное значение (V=0,5) за счёт уменьшения амплитуды A (рис. 2). Вне контура эффект отсутствует и величина V близка к 1 (отклонение составляет ΔV=±0,2).

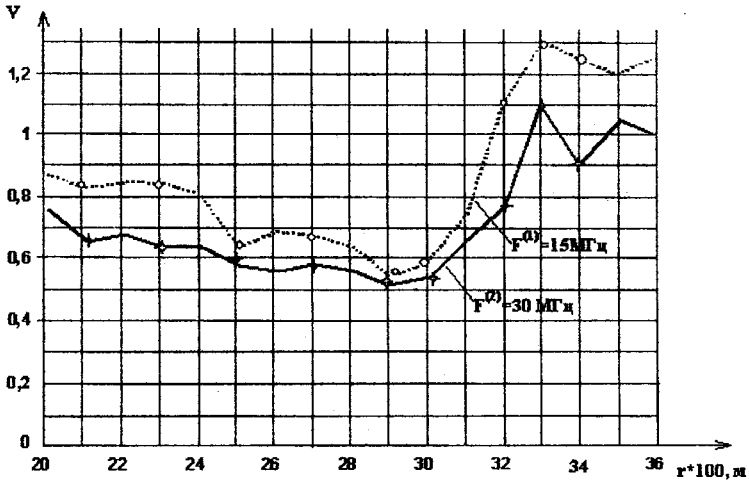

Рис. 2. Экспериментальные характеристики двухчастотного взаимодействия поверхностной ЭМВ со средой над УВЗ

Разработан метод геоэлектроразведки УВЗ с использованием передатчика подсвета, работающий на фиксированной частоте (1,5-2,0)МГц, соответствующей электронно-циклотронному, (3-5)МГц – ионно-плазменному, (0,9-1,0)ГГц – электронно-плазменному и верхнегибридному (1,5-2,0)ГГц резонансам.

Апробация метода проведена с использованием акустического сигнала и основана на регистрации амплитуды ПЭВ над анизотропным включением при смещении источника импульсного акустического возмущения.

Лабораторные исследования показали необходимость использования АМ-сигналов с модуляцией, не превышающей 80%. При этом уменьшение коэффициента амплитудной модуляции приводит к увеличению аномалии поля на границе УВЗ.

На основе проведённых исследований проведён анализ структурных схем РТС для поиска, выделения и идентификации УВЗ. Показано, что для регистрации УВЗ могут быть использованы методы разноса радиоканалов по частоте и амплитуде, а также методы с использованием модулированных сигналов.

В приложениях приведены зависимости диэлектрической проницаемости среды над УВЗ от коэффициентов пористости и водонасыщения, используемые для моделирования залежи углеводородов в лабораторных условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В диссертации получены выражения для компонентов тензора диэлектрической проницаемости АС при воздействии двухчастотных и модулированных сигналов. Определены оптимальные диапазоны изменения частот и амплитуд воздействующих на залежь сигналов для получения полной картины взаимодействия ЭМВ с исследуемой средой. Проведенный анализ показал, что использование сигналов со смешанной модуляцией приводит к расширению функциональных зависимостей компонентов тензора от параметров сигнала, что позволяет повысить информативность разрабатываемых методов поиска УВЗ [1-3, 5, 7, 9, 14].

2. В режиме двухчастотного взаимодействия определены соотношения частот и амплитуд волн, при которых наблюдается наиболее контрастное изменение отражательных характеристик между АС и ПП [12, 13].

3. Установлена частотно-зависимая закономерность поведения ЭМП на границе вмещающих пород и среды над УВЗ. Использование альтернативных частот, имеющих импедансные различия, позволяет повысить уровень идентификации УВЗ [2, 8, 10].

4. Установлено, что существующие методы георазведки УВЗ могут быть дополнены применением зондирования залежей на основе использования вспомогательной частоты подсвета, позволяющей более эффективно исследовать проявления анизотропии УВЗ. Разработан и апробирован метод поиска УВЗ, основанный на регистрации напряженности поля на комбинационной частоте $F=f_1 \pm f_{1обр}$, за счёт чего повышается достоверность определения границы и точность оконтуривания УВЗ [8, 15].

5. Разработан и апробирован метод поиска УВЗ, основанный на взаимодействии ЭМВ и акустического импульса с АС [11].

6. На основании проведённых исследований предложены и проанализированы структурные схемы РТС для поиска, выделения и идентификации УВЗ. Показано, что повышение эффективности РТС связано с увеличением числа измерительных каналов [4, 6, 11, 16].

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах и сборниках

1. Янушкевич В.Ф. Моделирование двухчастотного взаимодействия электромагнитных волн с углеводородной залежью// Приборы. Справочный журнал. – 1999.– №10. – С. 27-29.

2. Гололобов Д.В., Янушкевич В.Ф. Поиск месторождений углеводородов радиоволновым методом// Приборы. Справочный журнал. – 1999.– №10. – С.25-27.

3. Antonovich D., Kovalev A., Ianushkevich V. Geological prospecting of hydracarbonate deposits on the basis of a two freguency method//20 Mie dzynarodowe sympozium naukowe studentow i mlodych pracownikow nauki. Budawnistwo i Inzynieria Srodowiska. W 2 tomech/ Konstrukcje budawlane i inzynierskie. Politechnika Zielono gorska. – Zielonagora, 11-12 Maja 1998. – Tom 1.–S.20-25.

4. Гололобов Д.В., Янушкевич В.Ф. Радиотехнические системы поиска и идентификации углеводородных залежей в режиме двухчастотного взаимодействия // Весці Нацыянальнай Акад. Навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук.–2002.–№ 1.– С.49-54.

Депонированные статьи

5. Янушкевич В.Ф. Зондирование анизотропных сред двухчастотными и модулированными сигналами/ Полоцкий гос. ун-т. – Минск, 1997. – 8 с. – Деп. в БелИСА 12.06.97 г. – № Д199713// Рефер. сб. непубликуемых работ. – 1997. – Вып. 5. – С. 11.

6. Гололобов Д.В., Седин А.В., Цывис Н.В., Янушкевич В.Ф. Двухчастотные методы георазведки углеводородных залежей/ Полоцкий гос. ун-т. – Минск, 1998. –6 с. – Деп. в БелИСА 20.08.1998. – № Д199862// Рефер. сб. непубликуемых работ. – 1998. – Вып. 11. – С.15.

7. Антонович Д.А., Ковалев А.С., Янушкевич В.Ф. Моделирование взаимодействия электромагнитных волн с углеводородной залежью/ Полоцкий гос. ун-т. – Минск, 1998. – 12с. –Деп. в БелИСА 21.10.1998. – №Д199876// Рефер. сб. непубликуемых работ. – 1998. – Вып. 11. – С.15.

Тезисы докладов конференций

8. Гололобов Д.В., Янушкевич В.Ф. Использование двухчастотных сигналов для обнаружения анизотропных сред// Тез. докл. XXI НТК в рамках проблемы “Наука и мир”. – Брест, 1994 – Т.1. –С. 86-87.

9. Гололобов Д.В., Янушкевич В.Ф. Взаимодействие АМ-сигнала с углеводородной залежью// Тез. докл. НТК «Современные проблемы радиотехники, электроники и связи», посвященной 100-летию радио/ Бел.

гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. – Минск, 1995. –С. 6-7.

10. Янушкевич В.Ф. Двухчастотный метод обнаружения углеводородных залежей//Материалы международной 52-ой НТК профессоров, преподавателей, научных работников, аспирантов и студентов БГПА «Технические вузы – Республике»/БГПА. –Минск, 1997. –Ч.1. – С.111.

11. Гололобов Д.В., Москвичев В.Н., Турук Г.П., Янушкевич В.Ф. Электродинамические параметры подводных источников в поле поверхностной электромагнитной волны//Тез.докл. 35 Всероссийской межвузовской НТК. – Владивосток, 1992. –Т.1, ч.1. – С.59-62.

12. Гололобов Д.В., Седин А.В., Цывис Н.В., Янушкевич В.Ф. Георазведка углеводородных залежей на основе двухчастотного взаимодействия// Состояние и проблемы технических измерений: Тез. докл. 5 Всероссийской НТК., Москва, 24-26 ноября 1998г./ МГТУ им. Баумана. – Москва, 1998. –С.143.

13. Д.В. Гололобов, В.Ф. Янушкевич. Исследование контраста характеристик зондирующего сигнала между углеводородной залежью и подстилающей поверхностью// Современные проблемы проектирования и производства радиоэлектронных средств: Сборник материалов международного научно-технического семинара, Новополоцк, 29-31мая 2000г./ Полоцкий гос. ун-т. –Новополоцк, 2000. –С. 202-205.

14. В.Ф. Янушкевич. Моделирование двухчастотного зондирования углеводородных залежей// Современные проблемы проектирования и производства радиоэлектронных средств: Сборник материалов международного научно-технического семинара, Новополоцк, 29-31мая 2000г./ Полоцкий гос. ун-т. –Новополоцк, 2000. –С. 205-208.

Патенты и заявки на изобретения

15. Пат. 3426 РБ, МПК G01 V3/12. Способ геоэлектроразведки углеводородных залежей/ Д.В. Гололобов, В.Ф Янушкевич. – № 970349; Заявл. 30.06.1997; Опубл. 30.06.2000// Афіцыйны бюлетэнь/ Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. – 2000. – №2. – С.142.

16. Заявка а 19990091, МПК G01 V3/12. Способ геоэлектроразведки/ Д.В. Гололобов, В.Ф. Янушкевич, Ю.Н. Стадник. – Заявлено 01.02.99; Опубл. 30.09.00; Приоритет 01.02.99. – Оф. бюл. – №3. 2000. –С.53.

РЭЗЮМЭ

Янушкевіч Віктар Францавіч

ЭЛЕКТРАМАГНІТНЫЯ МЕТАДЫ ПОШУКУ І ВЫЯЎЛЕННЯ ВУГЛЕВАДАРОДНЫХ ЗАЛЕЖАЎ З ВЫКАРЫСТАННЕМ ДВУХЧАСТОТНЫХ І МАДУЛЯВАННЫХ СІГНАЛАЎ

Ключавыя словы: вуглевадародная залеж, электрамагнітная хваля, анізатрапія, кантраст каэфіцыенту адбітку, паверхневы імпеданс.

Прадмет даследавання: метады і апаратурныя сродкі для якаснага павышэння эфектыўнасці пошуку і выяўлення вуглевадародных залежаў з выкарыстаннем шматчастотных сігналаў.

Мэта работы: абаснова выбару характарыстык шматчастотных электрамагнітных хваляў, распрацоўка метадаў і апаратурных сродкаў для якаснага павышэння ўзроўня дакладнасці пры пошуку і выяўленні вуглевадародных залежаў.

Метад даследавання: метад квазігідрадынамічнага набліжэння, метад пераўтварэння Гільберта, эксперыментальная праверка мадэлі ўзаемадзеяння электрамагнітных хваляў з вуглевадароднай залежжу на рэальным местанараджэнні нафты і ў лабараторных умовах.

Вынікі працы: распрацаваны і апрабаваны метады пошуку залежаў вуглевадародаў, аснованыя на выкарыстанні аптымальных суадносін амплітуд і частот электрамагнітных хваляў у рэжыме двухчастотных і мадуляваных сігналаў, вымярэнні кантрастаў каэфіцыентаў адбітку паміж анізатропнай неаднароднасцю і аднароднай падсцілаючай паверхняй, вызначэнні кампанентаў матрыцы паверхневага імпедансу асяроддзя над залежжу вуглевадародаў, рэгістрацыі напружанасці поля электрамагнітнай хвалі на камбінацыйнай частаце, якая дазваляе павысіць дакладнасць вызначэння межаў вуглевадародных залежаў. У працы прыведзены крытэрыі выбару характарыстык зандуючых сігналаў для пошуку анізатропных утварэнняў, методыка мадэлявання асяроддзя над залежжу вуглевадародаў, тэхнічныя рашэнні, якія дазваляюць знізіць масу і габарыты радыётэхнічных сістэм пошуку вуглевадародных залежаў.

Вынікі дысертацыі могуць быць выкарыстаны ў галіне геафізікі, радыёлакацыі, электронікі.

РЕЗЮМЕ

Янушкевич Виктор Францевич

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКА И ОБНАРУЖЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХЧАСТОТНЫХ И МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Ключевые слова: углеводородная залежь, электромагнитная волна, анизотропия, контраст коэффициента отражения, поверхностный импеданс.

Предмет исследования: методы и аппаратурные средства для качественного повышения эффективности поиска и выделения залежей углеводородов на основе использования многочастотных сигналов.

Цель работы: обоснование выбора характеристик многочастотных электромагнитных волн, разработка методов и аппаратурных средств для качественного повышения уровня достоверности и точности поиска и выделения залежей углеводородов.

Метод исследования: метод квазигидродинамического приближения, метод преобразования Гильберта, экспериментальная проверка модели взаимодействия электромагнитных волн с углеводородной залежью на реальном месторождении нефти и в лабораторных условиях.

Результаты работы: разработаны и апробированы методы поиска залежей углеводородов, основанные на использовании оптимальных соотношений амплитуд и частот электромагнитных волн в режиме двухчастотных и модулированных сигналов, измерении контрастов коэффициентов отражения между анизотропной неоднородностью и однородной подстилающей поверхностью, определении компонентов матрицы поверхностного импеданса среды над залежью углеводородов, регистрации напряжённости поля электромагнитной волны на комбинационной частоте, позволяющей повысить точность определения границ углеводородных залежей. В работе приведены критерии выбора характеристик зондирующих сигналов для поиска анизотропных образований, методика моделирования среды над залежью углеводородов, технические решения, позволяющие снизить массу и габариты радиотехнических систем поиска углеводородных залежей.

Результаты диссертации могут быть использованы в области геофизики, радиолокации, электроники.

SUMMARY

Ianushkevich Victor Francevich

ELECTROMAGNETIC METHODS OF SEARCHING HYDROCARBON POOLS BY USING TWO-FREQUENCY AND MODULATED SIGNALS

Key words: hydrocarbon pool, electromagnetic wave, anisotropy, reflectance contrast, surface impedance.

Subject of investigation: methods and hardware means for qualitative increase of efficiency of search and allocation hydrocarbon pools on the basis of use of multifrequent signals

Goal of the work: the substantation of choice of the characteristics multifrequent electromagnetic waves, development of methods and hardware means for qualitative increase of a level of reliability and accuracy of search and allocation hydrocarbon pools.

Method of investigation: a method of quasihidrodinamic approximation, a method of Gilbert transformation, experimental check of model of interaction electromagnetic waves with hydrocarbon pool on a real deposit of a petroleum and in laboratory conditions.

Results of work: the dissertation is devoted to the creation of electromagnetic methods of searching and detection of hydrocarbon pools by using two-frequency and modulated signals. On the basis of the classical electrodynamics methods the environment over the hydrocarbon pool is presented as anisotropic formation, the properties of which are dependent on moving the charged particles from the pool to the Earth surface. We have worked out and tested the methods of searching hydrocarbon pools, based on using optimal correlation of amplitudes and frequencies of electromagnetic waves in two-frequency and modulated signals conditions; the measurement of reflectance contrasts between anisotropic non-uniformity and uniformal underlying surface, the defenition of matrix components for surface impedance of environment over the hydrocarbon pool, the registration of electromagnetic wave field strength on the combinated frequency which allows to increase the accuracy of detection of hydrocarbon pool borders. In the work we have shown the criteria of sounding signals characteristics choice, choice of signals used for searching anisotropic formation; the methods of modeling environment over the hydrocarbon pool technical solution, which allow to reduce the weight and size of the radio-engineering systems of searching hydrocarbon pools.

The results of dissertation can be used in the fields of geophysics, radiolocation, electronics.

ЯНУШКЕВИЧ ВИКТОР ФРАНЦЕВИЧ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКА И ОБНАРУЖЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХЧАСТОТНЫХ И МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Специальность 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства радионавигации, радиолокации и телевидения

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано в печать 24.09.2002.		Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная.	Печать ризографическая.	Усл.печ.л. 1,63.
Уч.-изд.л. 1,3.	Тираж 90 экз.	Заказ 273.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия ЛП №156 от 05.02.2001.
Лицензия ЛВ №509 от 03.08.2001.
220013, Минск, П. Бровки, 6.