

УДК 550.835

НОВІ МОЖЛИВОСТІ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОЕЛЕКТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ПЛАСТІВ-КОЛЕКТОРІВ

¹Д.Д.Федоришин, ²О.В.Серженя, ¹Р.М.Василина

¹ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42056,
e-mail: public@nung.edu.ua

²ОАО “Пургеофизика”, РФ, Ямало-Ненецький а.о., м.Губкінський, 6-й мкр.,тел.(35346)53278
e-mail: gorgan@hotmail.ru

Разделение коллекторов на продуктивные и водоносные является главной задачей, решаемой на всех этапах изучения месторождения, начиная с разведочных работ и заканчивая подсчетом запасов. В процессе бурения скважины происходит проникновение фильтрата бурового раствора в пласт-коллектор, что приводит к образованию в прискважинной зоне сложных техногенных неоднородностей. Это вызывает значительные трудности при решении обратной геологической задачи – построении геоэлектрической модели пласта по данным ГИС. В данной статье предлагается три варианта решения задачи по определению параметров геоэлектрической модели пластов, проводится сопоставление возможностей различных комплексов ГИС и обосновывается преимущество метода ВИКИЗ.

Однозначне визначення характеру насичення прямо залежить від якості даних геофізичних досліджень, від комплексу проведених досліджень і від умов проведення робіт у свердловині. Підвищення вимог до інформативності, вірогідності і точності результатів ГДС під час вивчення нафтогазових родовищ зумовлює необхідність розвитку всього комплексу методів. Розглянемо можливості декількох комплексів ГДС для визначення питомого електричного опору (ПЕО) пластів на прикладі Харампурської групи родовищ Ямало-Ненецького автономного округу.

Відклади юрського горизонту Ю1 Харампурської групи родовищ характеризуються такими параметрами. ПЕО незмінної частини пласта варіюють від 4.0 Ом·м до 7.0 Ом·м у водонасичених колекторах і до 50 Ом·м і більше – у нафтогазонасичених. Мінералізація пластових вод для юрського гідрогеологічного комплексу змінюється в інтервалах 22.0-38.0 г/л. Середня температура пластів Ю1 87-91° С, тому ПЕО пластових вод досить низький і становить 0,07-0,1 Ом·м. Значення пористості чистого пісковика прийнято рівним 18,5%, а граничні значення виділення колекторів за пористістю – 11%, за проникністю – 0,1 мкм².

Колектори характеризуються вертикальною неоднорідністю, представлені середньо- і дрібнозернистими пісковиками, шаруватими за рахунок прошарків темного глинистого матеріалу, ділянками, збагаченими слюдою і глауконітом, із перешаруванням алевролітів і аргілітів, відзначаються у великих кількостях вклюдження вуглецевих уламків деревини.

The main task at all stages of deposit research is a collector's separation on productive and water-bearing sheets, since prospecting and finishing reserves estimation. During well-boring there is a drilling fluid filtrate invasion in a reservoir bed, that results the difficult man-caused imperfection in near well zone. It causes significant difficulties at the decision of an inverse geological task - construction of geoelectrical model of sheets on the well survey data. In this paper three variants of the decision of the task by definition of sheets geoelectrical model parameters are offered, the comparison of different well survey complexes opportunities are conducted and the advantage of HFILIS method is proved.

Термобаричні, гідрогеологічні і геолого-технічні умови на Харампурському родовищі сприятливі для проведення комплексу ГДС. Технологія і тривалість буріння свердловин, співвідношення питомого опору пластової води і фільтрату промивної рідини сприяли утворенню протипроникних порід глинистих кірок, виникненню від'ємних амплітуд ПС, а також зміни питомого опору пласта в радіальному напрямку, що є критерієм виділення колекторів за даними ГДС. На рис. 1 зображено приклад геолого-геофізичного розрізу Харампурського родовища. У складі горизонту Ю1 простежується чотири пласти – Ю₁¹, Ю₁², Ю₁³, Ю₁⁴ з насиченням відповідно: газ, нафта, нафта + вода, вода. На третьому треку діаграми представлені криві ПС, бокового каротажу й індукційного каротажу; на четвертому треку – криві ВИКИЗ, на п'ятому треку – криві БКЗ.

Донедавна для вивчення геоелектричної моделі пластів у регіоні Ямало-Ненецького автономного округу, як і на всій території Росії й України, використовувався стандартний комплекс ЕК, що складається з БКЗ із 5-ма градієнт-зондами, БК (зонд БК-3), ІК (6Ф1, 7И1.6), резистивиметрії. Для інтерпретації даних ЕК використовується ізорезистивна методика з використанням палеток ВНДДКа (м. Тверь) і створена на її основі програма “ЕКАР”. В останні роки знайшла поширення система обробки “ГЕОПОШУК”, розроблена Київським УкрДГРІ. У програмах “ЕКАР” і “ГЕОПОШУК” інтерпретація проводиться в режимі поточної обробки діаграм (що містить у собі введення в показники зондів поправок на свердловину

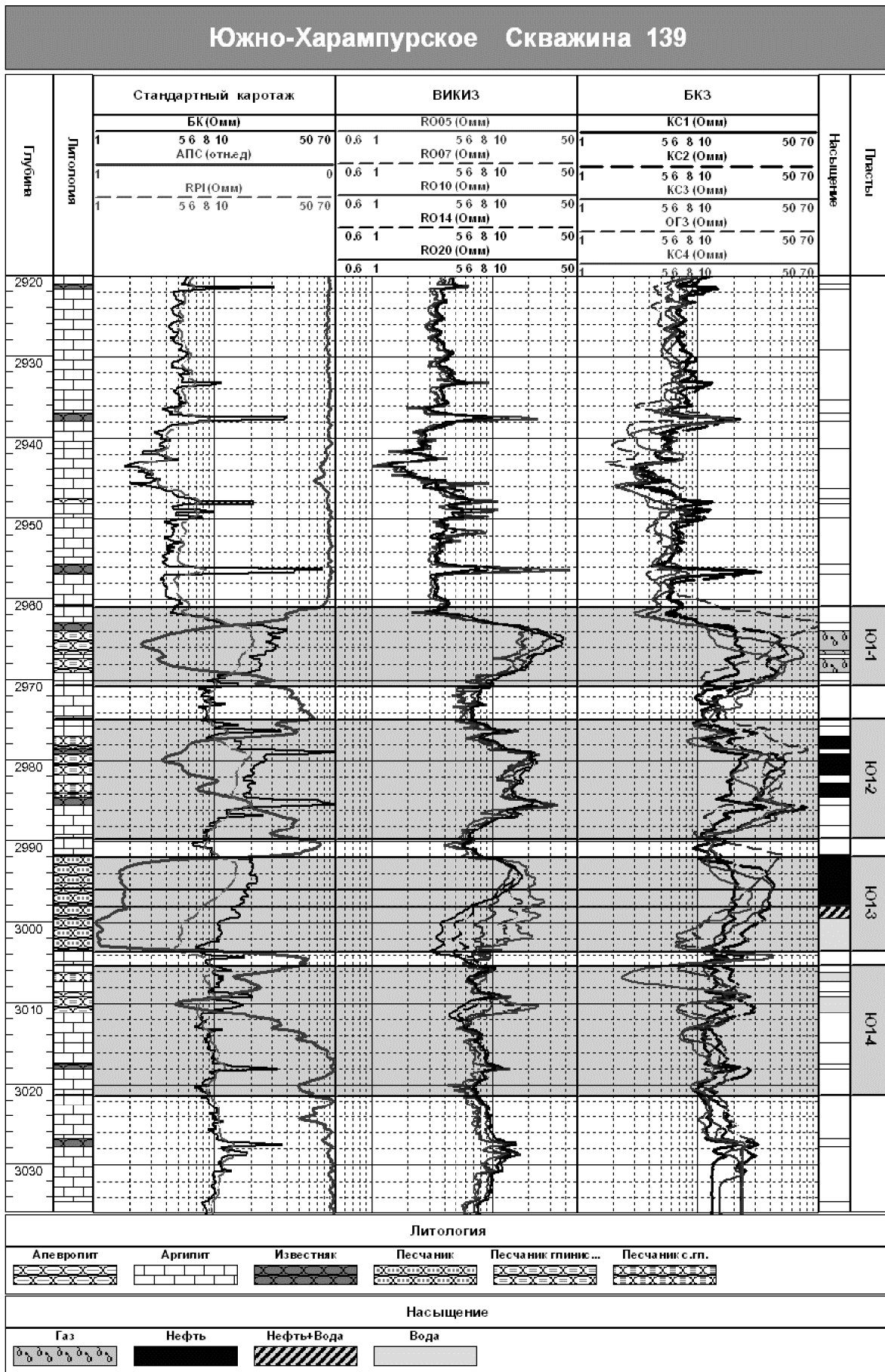


Рисунок 1 — Геолого-геофизический разрез по скважине № 139 Харампурского родовища

(ІК,БК), скін-ефект (ІК), вміщуючі породи (ІК-фільтрація) і попластової обробки діаграм, що містить у собі оцінку якості результатів вимірювань і попластового визначення ПЕО з урахуванням впливу зони проникнення і порід, а також визначення параметрів зони проникнення).

Отже, головним завданням методу бокового каротажного зондування (БКЗ) є встановлення радіальної характеристики і визначення питомого опору пласта. Принцип БКЗ базується на дослідженні розрізу, розкритого свердловиною, серією зондів, що мають різний розмір, а отже, і глибину дослідження. Використання методу БКЗ у процесі дослідження юрських відкладів Харампурського родовища має свої недоліки:

– оптимальна потужність пласта для якісної оцінки опору незміненої частини пласта повинна бути не менше 4-х метрів, що в природних умовах зустрічається рідко; так, на Харампурському родовищі потужність однорідних продуктивних колекторів у середньому коливається в межах 1-2 метри (рис. 1);

– у даний час у процесі буріння на Харампурському родовищі часто використовують розчини підвищеної мінералізації і в'язкості, які призводять до спотворення малих зондів БКЗ, що у свою чергу позначається на точності визначення параметрів зони проникнення і ПЕО незміненої частини пласта;

– у разі проникнення фільтрату бурового розчину в продуктивний колектор на передньому фронті зони проникнення утворюється зона зниженого опору – так звана облямовуюча зона (ОЗ). Наявність цієї зони є однією з характерних ознак продуктивності колектора. Комплекс БКЗ+БК+ІК не вирішує питання щодо виділення і визначення параметрів цієї зони.

Спираючись на досвід робіт з інтерпретації стандартного комплексу БКЗ-БК-ІК, проведеного у свердловинах Харампурського родовища, можна зробити висновок, що в даний час інтерпретаційні палетки неповністю враховують усі умови залягання і розкриття пластів, які зустрічаються на практиці, тому інтерпретація результатів електричних методів у ряді випадків буває неможливою, а іноді може бути зробленою лише з деяким наближенням.

Підвищити ефективність свердловинних електричних досліджень можна, залучивши до комплексу методів ядерно-магнітний каротаж. Фізична суть методу полягає у тому, що постійне магнітне поле, яке створюється навколо зонда типу MRIL, зумовлює на резонансних частотах ядерно-магнітні процеси у гірських породах. У середині зонда MRIL розташований постійний магніт, який створює поле, що впливає на компоненти породи. Антена, виконана у вигляді соленоїда навколо магніту, через точно відміряні проміжки часу посилає в пласт високочастотні імпульси у формі збуджуючого магнітного поля. У проміжках між цими імпульсами антена використовується для вимірювання амплітуди сигналу вільної прецесії ($A_{свп}$) від тих протонів водню, що увійшли в резонанс із

амплітудою електромагнітного поля. Оскільки існує лінійна залежність між частотою резонансу протонів і силою поля постійного магніту, частота переданої і прийнятої енергії може бути налаштована на дослідження циліндричних об'ємів гірської породи різного діаметра навколо зонда MRIL. Така особливість приладів ЯМР дає змогу одержувати сигнал (зображення) від вузьких смуг “зрізів” породи.

Використання приладом MRIL багаточасотних вимірів дає можливість одержувати незалежні дані з численних концентричних областей циліндричної форми; у такий спосіб поліпшується відношення сигнал/шум, збільшується швидкість запису і з'являється можливість застосування різних циклів активації для складних випадків [1].

Оскільки індекс вільного флюїду (ІВФ), зареєстрований в процесі ядерно-магнітного каротажу (ЯМК), зумовлений наявністю флюїдів, що насичують породи-колектори, то властивості матриці породи не впливають на пористість, вимірювану MRIL, і, як наслідок, відпадає необхідність попереднього калібрування методу на літологію колектора. Такі можливості апаратури ЯМК принципово відрізняють зонд MRIL від звичайних зондів ГДС. Дані стандартних методів, таких як нейтронний, густинний і акустичний залежать від усіх параметрів породи-колектора. Оскільки колектори, як правило, містять більше матриці, ніж пористості, заповнених рідкою фазою, зонди стандартного комплексу мають тенденцію значно більше реєструвати сигнал матриці породи-колектора, ніж від насичуючих їх флюїдів. Незважаючи на те, що зонди електричних методів чутливі до характеру та величини насичення і в більшості випадків застосовуються для оцінки кількості води у колекторах, вони не можуть вважатися прямими методами для реєстрації флюїдів. Їх показники сильно залежать від присутності мінералів, що зумовлюють електронну провідність, і для коректної інтерпретації результатів електрометрії необхідне знання властивостей і пластової води і, власне, породи-колектора.

Зонди MRIL подають інформацію трьох типів, кожний з яких робить цей метод унікальним серед усього сімейства каротажних приладів:

- інформацію про кількість флюїдів у породи;
- інформацію про властивості цих флюїдів;
- інформацію про розподіл флюїдів за порами різного розміру.

Розходження флюїдів за параметрами, одержаними в процесі ЯМК, такими як час релаксації (T_1 і T_2) ІВФ дають змогу виділяти (у зоні дослідження) зв'язану і вільну воду, газ, легку, середньої в'язкості і важку нафту. Обсяг дослідження приладу MRIL визначений дуже чітко, якщо глиниста кірка і неоднорідності стовбура свердловини не потрапляють у нього, то вони зовсім не впливають на вимірювання ЯМР.

Однак недостатня укомплектованість геофізичних організацій апаратурою ЯМК, вплив змінних електромагнітних полів у регіонах з великою намагніченістю та магнітною проник-

ністю гірських порід, значних техногенних факторів практично ускладнює використання цього виду досліджень і зумовлює пошук нових ефективних геофізичних технологій. У цьому ракурсі є достатньо ефективним метод високочастотного індукційного каротажного ізопараметричного зондування (ВІКІЗ).

З 2002 року на Харампурському родовищі почалося впровадження комплексу високочастотного індукційного каротажного ізопараметричного зондування (ВІКІЗ).

Практичні вимірювання у свердловинах засвідчили, що зондовий комплекс ВІКІЗ володіє двовимірним розділенням порід геологічного розрізу як у вертикальних, так і горизонтальних свердловинах, оптимально з'єднує вертикальні і радіально-кільцеві силові лінії електричного поля, даючи змогу при цьому виділяти пласти з тонкою шаруватістю й аномальними змінами в зоні проникнення фільтрату бурового розчину. Ці характеристики досягнуті не тільки за рахунок зменшення довжини зондів (від 2 до 0,5 м) і їх вимірювальних баз (рівних 0,2 від максимальної довжини зонда), але й високими робочими частотами, які збільшуються дискретно в міру зменшення довжин зондів, що істотно поліпшує радіально-кільцеву локальність дослідження. Пристрій ВІКІЗ містить зонд ПС і п'ять (або дев'ять) індукційних геометрично подібних зондів, за допомогою яких вимірюють п'ять, або дев'ять характеристик електричного поля (різниця фаз). Кожна з характеристик відбиває електропровідність послідовно віддаленого об'єкта однорідного ізотропного середовища з високою роздільною здатністю.

Така технологія дає можливість прямим вимірюванням встановлювати структуру електричних неоднорідностей пластів, у тому числі виділяти техногенні утворення пустот колектора у формі облямовуючих зон як пряму ознаку нафтонасиченості пластів [2].

Кількісна обробка діаграм ВІКІЗ відбувається за програмою "МФС ВІКІЗ", що є багатофункціональною системою обробки, візуалізації і інтерпретації даних. У програмі закладений великий комплекс і альбом палеток для інтерпретації результатів електричних досліджень у різних умовах, що виникають під час розкриття пласта і геоелектричних неоднорідностей навколосвердловинного простору.

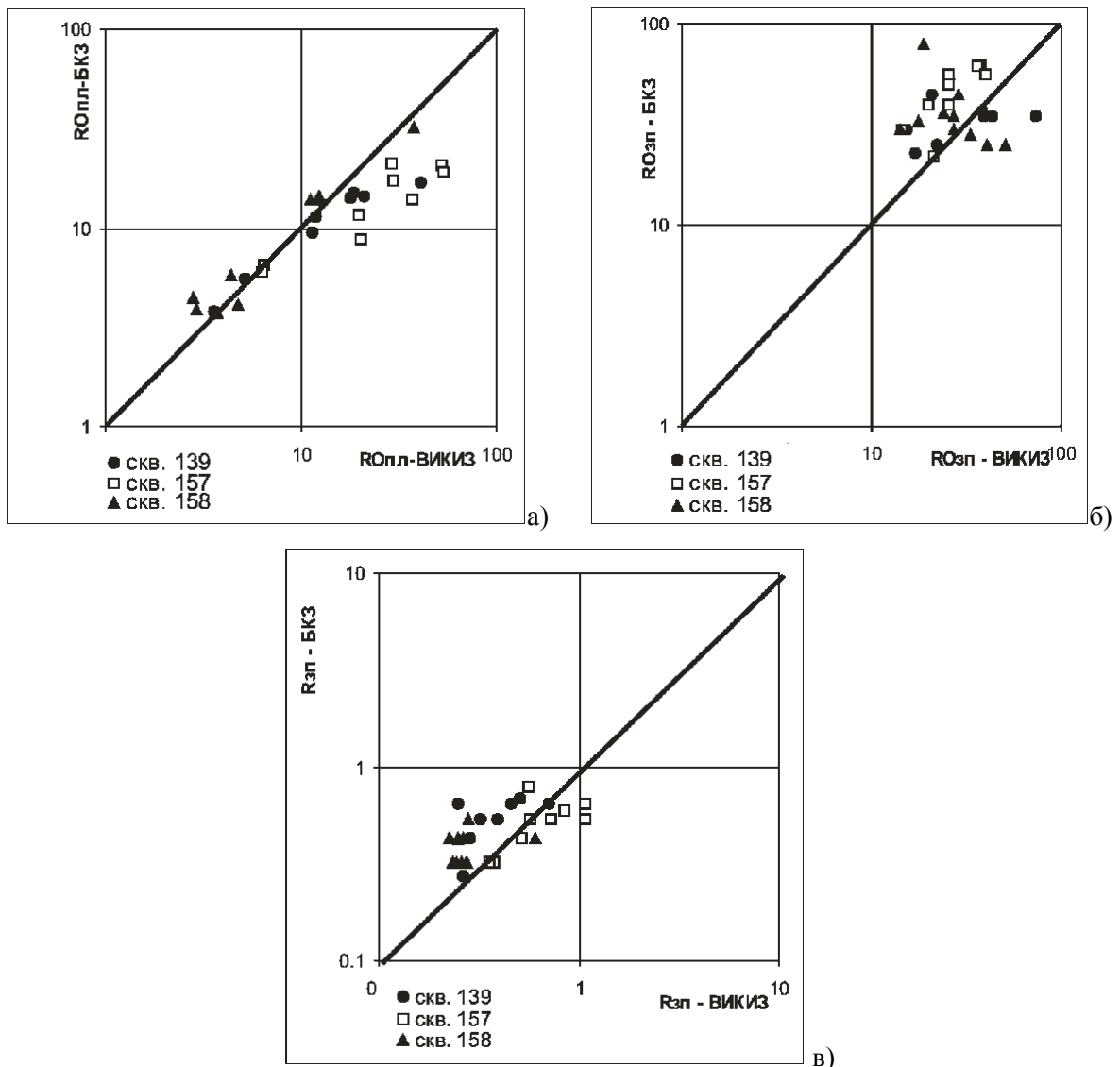
У системі "МФС ВІКІЗ" реалізована концепція інтерактивної обробки даних. Результатом роботи цієї системи є розв'язання зворотної задачі – побудова геоелектричного розрізу. Параметрами, які при цьому використовуються, є питомі електричні опори пластів, розміри зони проникнення і облямовуючої зони, а також радіуси циліндричних границь пластів-колекторів. Після інтерпретації даних дослідження кожного пропластка, ми одержуємо геоелектричний розріз, для якого здійснюємо оцінку якості результатів, тобто – значення середньоквадратичних розбіжностей між синтетичними і реальними діаграмами, або параметрами розрізу. Інверсія даних складається в мінімізації функціонала шляхом підбору модельних параметрів.

Порівнюючи результати інтерпретації даних ГДС стандартним комплексом БКЗ-БК-ІК і методу ВІКІЗ ми бачимо, що в першому випадку одержуємо числові значення питомого електричного опору незмінної частини пласта ($\rho_{пл}$) радіус та опір зони проникнення $r_{зп}$, $\rho_{зп}$, а в другому випадку одержуємо значення питомого електричного опору незмінної частини пласта – $\rho_{пл}$, радіуса і опору зони проникнення – $r_{зп}$, $\rho_{зп}$, радіуса і опору облямовуючої зони – $r_{оз}$, $\rho_{оз}$. Порівняльний аналіз результатів обробки даних цих комплексів на основі результатів досліджень трьох свердловин Південно-Харампурського покладу засвідчив [4], що радіальні розміри зон проникнення залежать від проникності породи-колектора (глинистого цементу), властивостей бурового розчину, а також від режиму буріння і термінів проведення каротажу. У ході проведення аналізу були вибрані свердловини з близькими значеннями властивостей бурового розчину і часом проведення каротажу. Тривалість часу між розкриттям пластів і проведенням каротажу у вибраних свердловинах становить 7-10 годин. У цих свердловинах застосовувався глинистий розчин на водній основі з різною кількістю крохмальних добавок з питомим електричним опором бурового розчину 0,5 Ом·м (св. 157), 0,76 Ом·м (св. 158), 1,5 Ом·м (св. 139).

Значення ПЕО незмінної частини пластів, одержаних у результаті інтерпретації даних стандартного комплексу БКЗ-БК-ІК та методу ВІКІЗ, мають високу збіжність для потужних водо- і нафтонасичених пластів у діапазоні опорів до 40 Ом·м. Коефіцієнт кореляції дорівнює 0,8. У діапазоні опорів вище 40 Ом·м відбувається зниження значення ПЕО пластів, визначеного за комплексом БКЗ-БК-ІК. Це добре прослідковується на кореляційній схемі, що зображена на рис. 2, а. Цьому інтервалу опорів відповідають нафто- і газонасичені пласти. Зниження опорів, визначених за комплексом БКЗ-БК-ІК, найімовірніше пов'язане з меншою порівняно з ВІКІЗ вертикальною роздільною здатністю стандартного комплексу. Недостатня потужність пластів і у зв'язку з цим неможливість зняття відліків з діаграм великих зондів тягне за собою помилку у визначенні питомого електричного опору пласта.

На рис. 2, б зображено результати порівняння величин питомого електричного опору зони проникнення. Даний графік свідчить про систематичне зниження цього параметру, визначеного за результатами інтерпретації досліджень методом ВІКІЗ порівняно з комплексом БКЗ-БК-ІК. Кореляція на цьому графіку відсутня.

Значення радіусів зон проникнення, визначених за комплексом БКЗ-БК-ІК і за методом ВІКІЗ практично непорівнювані. Незважаючи на це, в окремих пластах відзначається добра збіжність визначених значень (рис. 2, в). Пояснити ці дані можна в такий спосіб. За результатами роботи програми "МФС ВІКІЗ" значення радіуса зони проникнення визначалося практи-



a – $RO_{пл-БКЗ}$ з $RO_{пл-ВКІЗ}$ (ПЕО пласта); б – $RO_{пл-БКЗ}$ з $RO_{пл-ВКІЗ}$ (ПЕО зони проникнення); в – $RO_{пл-БКЗ}$ з $RO_{пл-ВКІЗ}$ (ПЕО радіус зони проникнення)

Рисунок 2 — Порівняння результатів інтерпретації стандартного комплексу БКЗ-БК-ІК та методу ВКІЗ по свердловинах Південно-Харампурського покладу

чно однозначно, а за результатами роботи програми “ЕКАР” і “ГЕОПОШУК” значення радіуса, тобто відношення D/d (діаметра ЗП до діаметра свердловини) змінюється в межах від 3 до 8 в одному пласті. Вибір розв’язку в цьому випадку робився за мінімальним значенням середньоарифметичної помилки визначення. Кореляція практично відсутня.

Велику розбіжність під час інтерпретації у значеннях радіусів і опорів зони проникнення можна пояснити різною методикою підходу до інтерпретації і використанням різних моделей в ході обробки в програмах “ЕКАР”, “ГЕОПОШУК” і “МФС ВКІЗ”. У ході обробки стандартного комплексу використовується тришарова модель: свердловина, зона проникнення, пласт; у ході обробки ВКІЗ використовується чотиришарова модель: свердловина, зона проникнення, облямовуюча зона, пласт.

Проаналізуємо детально приклади кількісної інтерпретації стандартного комплексу БКЗ-БК-ІК та методу ВКІЗ у пластах-колекторах з різним флюїдонасиченням: газ, нафта, вода. Для прикладу візьмемо дані досліджень у свердловині 139 Південно-Харампурського покладу, геолого-геофізичний розріз якої зображено на рис. 1. Проектними є відклади горизонту Ю1. Колектори виділялися з використанням прямих якісних ознак за комплексом методів ПС, БК, ГК, НКТ. Буріння свердловини проводилося на глинистому буровому розчині з питомих опором 1,5 Ом·м. Літологія пластів визначалася за граничним значенням $\alpha_{пс}$ і коефіцієнта пористості $k_{п}$, розрахованим за методом ПС і радіоактивного каротажу. Насичення визначали, виходячи з граничних значень питомого електричного опору і результатів випробувань. Порівнюємо характер техногенних неоднорідностей, які утворилися в результаті

проникнення фільтрату бурового розчину в пласти в процесі буріння.

Пропласток в інтервалі 2964,0-2966,4 м – пісковик глинистий. За стратиграфічною відміткою належить до пласта Ю₁¹ і є газонасиченим. У зв'язку з недостатньою потужністю для БКЗ в інтерпретації беруть участь тільки два малих зонди БКЗ, боковий і індукційний зонд. Фактична крива зондування цього пропластка і сумісні з нею палеточні криві зображені на рис. 3, 1. Оскільки в цьому випадку під час побудови кривої зондування неможливо було зняти оптимальне значення ρ_k з діаграм усіх зондів, то результати інтерпретації є приблизними. За результатами обробки БКЗ-БК-ІК пропласток характеризується підвищеним проникненням з параметрами зони проникнення: $\rho_{зп}=45$ Ом·м, $D_{зп}/d_{свр}=6$ і опором пласта $\rho_{пл}=16,98$ Ом·м. За результатами обробки даних ВІКІЗ пропласток характеризується зниженим проникненням. Крива зондування відображає підвищення опору від свердловини до незміненої частини пласта. Показники двох малих зондів близькі до ПЕО зони проникнення, у той час опори двох довгих зондів практично цілком визначають ПЕО пропластка. Результат інтерпретації: $\rho_{зп}=20,65$ Ом·м, $r_{зп}=0,702$ м, $\rho_{пл}=41,3$ Ом·м. Саме заміщення газу в цьому інтервалі фільтратом бурового розчину з свердловини зумовлює зменшення питомого опору в зоні проникнення, що свідчить про малу кількість рухомої пластової води. За даними інтерпретації стандартного комплексу і методу ВІКІЗ побудована геоелектрична модель цього пропластка, схожа за своєю структурою (свердловина, зона проникнення, пласт), але з конкретною розбіжністю значень опорів зони проникнення і пласта.

Пропласток в інтервалі 2991,9-2995,2 м – пісковик. За стратиграфічною відміткою належить до пласта Ю₁³, є нафтонасиченим. На рис. 3, 2 зображено результати інтерпретації стандартного комплексу і методу ВІКІЗ цього пропластка. В інтерпретації стандартного комплексу беруть участь зонди БКЗ: 0.45, 1.05, 2.25 і ОГЗ, боковий зонд і індукційний. За результатами обробки пласт характеризується підвищеним проникненням бурового розчину з параметрами зони проникнення: $\rho_{зп}=35$ Ом·м, $D_{зп}/d_{свр}=5$ і опором пласта $\rho_{пл}=14,2$ Ом·м, тобто геоелектрична модель за своєю структурою – тришарова (свердловина, зона проникнення, пласт). За результатами інтерпретації ВІКІЗ цей пропласток характеризується підвищеним проникненням і облямовуючою зоною – геоелектрична модель представлена у вигляді чотирьох прошарків (свердловина, зона проникнення, облямовуюча зона, пласт). Наявності облямовуючої зони є однією з характерних ознак нафтонасиченості колектора. За наявності облямовуючої зони відбувається зміна типу кривої зондування від монотонної до інвертованої (з мінімумом). Мінімум знаходиться на фактичній кривій зонда 1,0 м. У цьому пропластку відзначається великий контраст ПЕО зони проникнення й ПЕО облямовуючої зони. Результати інтерпретації:

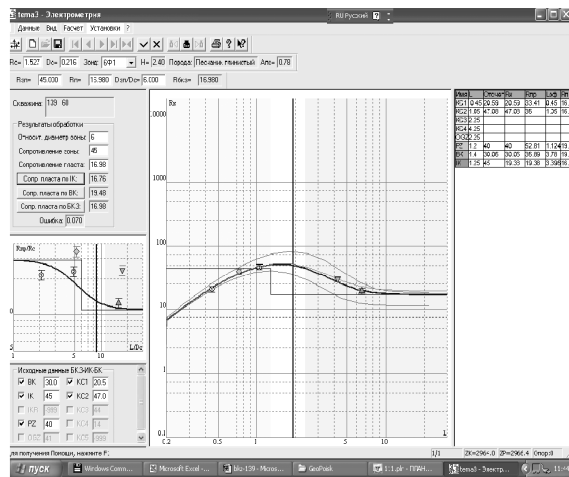
$\rho_{зп}=77,79$ Ом·м, $r_{зп}=0,321$ м, $\rho_{оз}=7,29$ Ом·м, $r_{оз}=0,199$ м, $\rho_{пл}=18,0$ Ом·м. Утворення такого складного присвердловинного простору свідчить про те, що порожнинний простір пласта заповнений нафтою, а також відзначається збільшення кількості рухомої пластової води в ньому. Геоелектрична модель, визначена за різними комплексами, відрізняється за своєю структурою – тобто, тришарова – за БКЗ-БК-ІК і чотиришарова – за ВІКІЗ. Відзначається близьке значення опору пласта за БКЗ і ВІКІЗ і розбіжність значень параметрів в зоні проникнення.

Пропласток в інтервалі 2999,5-3003,6 м – пісковик. За стратиграфічною відміткою належить до пласта Ю₁³ і знаходиться в підшві цього пласта, водонасичений. Результати інтерпретації зображено на рис. 3, 3. В інтерпретації стандартного комплексу беруть участь зонди БКЗ: 0.45, 1.05, 2.25 і ОГЗ, боковий зонд і індукційний. За результатами обробки пласт характеризується підвищувальним проникненням з параметрами: $\rho_{зп}=23$ Ом·м, $D_{зп}/d_{свр}=6$, $\rho_{пл}=3,84$ Ом·м. За результатами інтерпретації ВІКІЗ це пласт з підвищеним проникненням. Наведений приклад є типовим для водонасичених колекторів з підвищеним проникненням. Зондування характеризується монотонно спадною з довжиною зонда кривою уявного опору. Показання навіть для довгих зондів відрізняються між собою, що свідчить про контрастну і досить широку зону проникнення. Результати інтерпретації: $\rho_{зп}=17,05$ Ом·м, $r_{зп}=0,463$ м, $\rho_{пл}=3,58$ Ом·м. Геоелектрична модель, побудована за результатами інтерпретації комплексу БКЗ-БК-ІК і методу ВІКІЗ, схожа за своєю структурою. В обох випадках – це тришарова модель (свердловина, зона проникнення, пласт). Відзначається збіг значення опору пласта за БКЗ і ВІКІЗ і близькі значення параметрів зони проникнення.

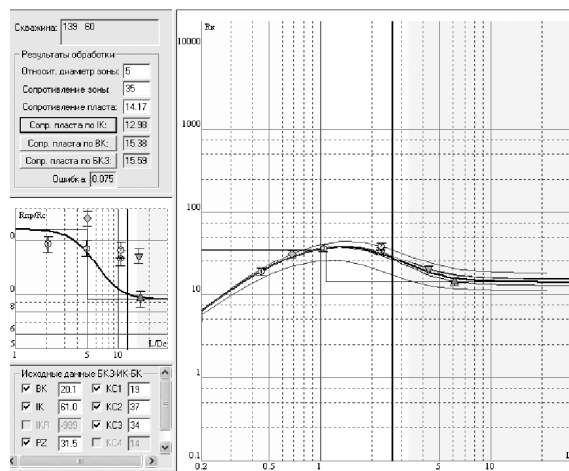
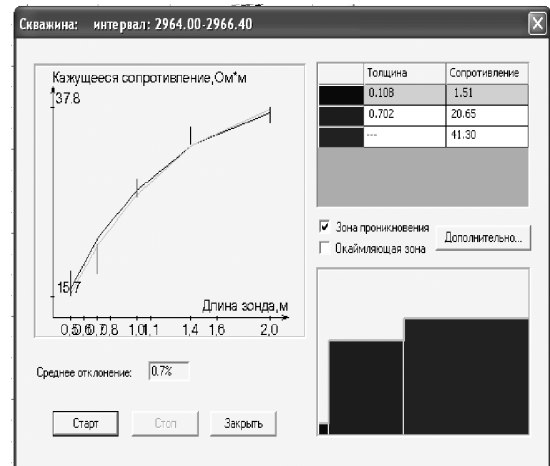
Результати оцінки параметрів геоелектричної моделі пластів, побудованої за стандартним комплексом і за методом ВІКІЗ, свідчать про різні можливості моделювання програм обробки цих методів. У ході обробки даних ВІКІЗ оцінка параметрів зони проникнення здається більш однозначною і реальною порівняно з параметрами, визначеними за стандартним комплексом БКЗ-БК-ІК. Зумовлено це тим, що в програмі обробки “ЕКАР” і “ГЕОПОШУК” можливий підбір еквівалентних варіантів описання моделі пласта, варіюючи глибиною зони проникнення, а в програмі обробки “МФС ВІКІЗ” визначення параметрів моделі більш однозначне.

За результатами порівняння даних інтерпретації ГДС, проведеного на Харампурському родовищі, а також ґрунтуючись на літературних джерелах і статтях [3, 4], опублікованих результатах виробничого досвіду роботи з комплексом ВІКІЗ, можна зробити такі висновки про можливість цих комплексів.

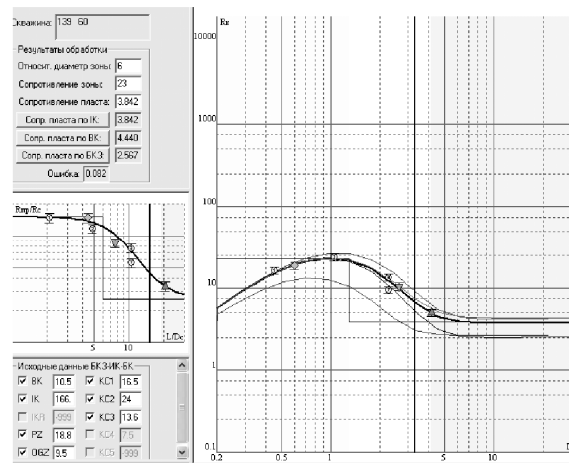
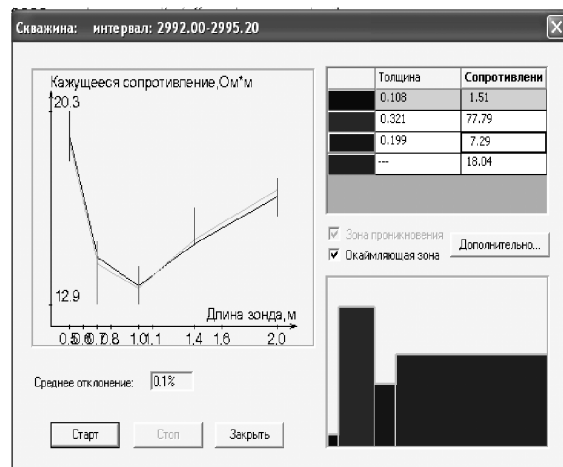
1. Використання стандартного комплексу БКЗ-БК-ІК призводить до помилок під час визначення параметрів геоелектричної моделі



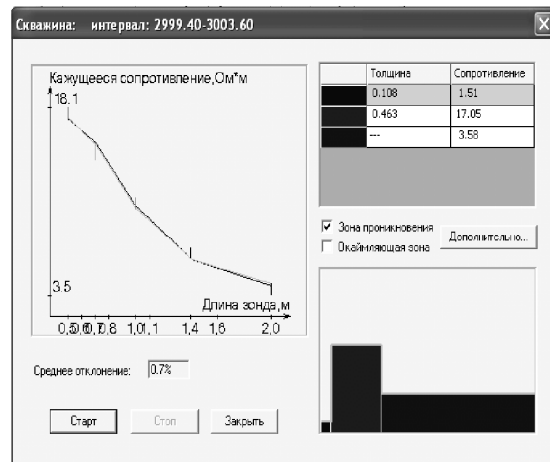
1)



2)



3)



1) газ; 2) нефтя; 3) вода

Рисунок 3 — Порівняння пропластової інтерпретації за комплексом БКЗ-БК-ІК і методом ВКІЗ у пластах колекторів з насиченням

пластів-колекторів, тому що наявні в даний час теоретичні палетки не цілком відповідають усім варіантам утворення геоелектричних неоднорідностей у присвердловинному просторі.

2. Під час інтерпретації даних ВКІЗ на відміну від комплексу БКЗ-БК-ІК є можливість моделювання чотиришарового середовища і кількісного визначення параметрів не тільки

незміненої частини пласта та зони проникнення, але й облямовуючої зони. Комплекс ВІКІЗ дає змогу більш чітко відбивати різні геоелектричні неоднорідності в пласті і забезпечує підвищення вірогідності визначення фізичних властивостей газового або нафтового покладу.

Література

1. George R. Coates, Lizhi Xiao, and Manfred G. Prammer "NMR Logging Principles and Applications" // 1999 Halliburton Energy Services. All rights reserved. Printed in the United States of America.

2. Технология исследования нефтегазовых скважин на основе ВІКІЗ: Методическое ру-

реалізації на практиці), називають процесом становлення поля. Як відомо, на ранніх стадіях ководство. – Новосибирск: МтиЭ РФ, Сиб. отделение Российской академии наук, Институт геофизики, 2000.

3. Кузнецов С.Н., Третьякова Л.И. Сопоставление результатов обработки данных ВІКІЗ и комплекса БКЗ-БК-ИК по высокоомным отложениям месторождений Севера Тюменской области // НТВ: Каротажник. – Тверь: Изд. АИС 1999. – Вып. 54.

4. Поздеев Ж.А., Пасечник М.П., Антонен С.И., Яковлева Л.М. Основные результаты внедрения аппаратуры многозондового индукционного каротажа ВІКІЗ и ИКЗ в Ноябрьском нефтегазоносном районе // НТВ: Каротажник. – Тверь: Изд. АИС, 1999. – Вып. 59

УДК 517.958:550.837

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ У ПРОЦЕСІ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ ГЕОЕЛЕКТРИЧНИХ РОЗРІЗІВ

¹ Л.М.Журавчак, ² Н.В.Шуміліна

¹Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України, 79060, Львів, вул. Наукова 3б, e-mail: carp@cb-igph.lviv.ua

²Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України 79060, Львів, вул. Наукова 3б, e-mail: dept19@iapmm.lviv.ua

Рассмотрено методику расчета процесса становления электромагнитного поля (ЭМП) и получено явное временное решение задачи нахождения компонент векторов напряженностей электрической и магнитной его составляющих для квазистационарной модели в проводящем магнитном полупространстве, дифференцированном по электропроводности и магнитной проницаемости, которые являются константами в локальных областях произвольной формы. С помощью метода приграничных элементов исследовано влияние нефте- и газосодержащих включений в полупространстве на распределение ЭМП и показано пути распознавания его электромагнитных характеристик.

The quasi-stationary approximation of electromagnetic field in a zonally-homogeneous half-space is modelled. Conductivity and permeability are constants in finite domains of arbitrary shape. Using the fundamental solution of non-stationary equation of heat conductivity, boundary or near-boundary element techniques and the time marching scheme of sole initial condition, we construct the integral representations to find the electromagnetic field strength vector components in an arbitrary space-time point. With the help of near-boundary element technique influence of oil and gas inclusion in a half-space on distribution electromagnetic field is investigated and shown a discernment way of its electromagnetic characteristics.

Вступ

Електромагнітні (ЕМ) методи досліджень у пошуковій геофізиці ґрунтуються на використанні змінного ЕМ поля, яке проникає в середину Землі, і вивченні розподілу електропровідності в ній за вимірними на її денній поверхні характеристиками. В останні роки у зв'язку з практично назрілою проблемою підвищення детальності досліджень, які ґрунтуються на використанні штучних ЕМ полів, значно зріс інтерес до вивчення перехідних процесів у ближній зоні джерела збудження ЕМ поля. Процес розповсюдження в об'єкті ЕМ поля, збудженого імпульсом Хевісайда (режим роботи відповідає вмиканню або вимиканню постійного струму в живильному контурі і легко доступний для

після вмикання (вимикання) струму в тілі спостерігаються складні перехідні процеси, пов'язані з хвильовим характером поширення імпульсу в провідному середовищі, для досить великих часів поле встановлюється, тобто співпадає з полем постійного струму, а в середньому діапазоні, враховуючи дифузійний характер розповсюдження імпульсу в провідному середовищі, можна розглядати квазістационарну модель ЕМ поля [1, 2].

Переважно для розрахунку неусталеного поля використовують метод, що ґрунтується на спектральному аналізі цього поля в часовій зоні [2]. Такий підхід має давню традицію в фізиці і математиці і як проміжний етап включає в себе звичний частотний режим, який і є робочим