

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СВЕРДЛОВИН НИЗЬКОМНИХ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ

Д.Д.Федоришин, С.Д.Федоришин, Я.М.Коваль

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

Топливо-енергетический комплекс Украины на данный момент времени находится в трудном положении. Поэтому возник острый вопрос по разработке старых и выявлению новых объектов скопления углеводородов. В этом направлении разрабатываются новые и усовершенствуются старые методики, изучаются факторы, которые приводят к получению недостоверной геолого-геофизической информации о породах-коллекторах. Данная статья посвящена проблеме изучения причин низкоомности пород-коллекторов, факторов, которые ее обуславливают и способов повышения точности измерений электрических методов исследования разрезов скважин. Авторами проводились как лабораторные исследования ядерного материала, так и непосредственно измерения в скважинах целого ряда нефтегазовых месторождений Украины. Установлено, что значительное влияние на результаты измерений удельного сопротивления оказывают химреагенты, которыми обрабатывается буровой раствор, минералогический состав и структурные особенности породы-коллектора. Предложены новые пути получения достоверной информации с помощью электрических методов исследования скважин.

The fuel-energy complex of Ukraine now to time is hard up. Therefore a sharp question got up on to development of old and exposure of new objects of accumulation of hydrocarbons. In this direction are developed new and old methods are perfected, substantiated factors, which result in the receipt of unreliable geology-geophysical information about breeds-collectors, are studied. So the given article is devoted to the problem of study of reasons of low-impedance breeds-collectors, factors which stipulate it that the methods of increase of exactness of measurings of electric methods of research of cuts of mining holes. By authors were conducted, both laboratory researches of core material and directly measurings in the mining holes of whole row of oil-gas deposits of Ukraine. They set that on the results of measurings of pozirnogo resistance have considerable influence him-reagenti, which boring solution, mineralogical composition and structural features of breed-collector is processed by. The new are offered path of receipt of reliable information by the electric methods of research of mining holes.

Проблеми, які пов'язані із енергетичним забезпеченням України, потребують інтенсивного розвитку нафтогазової галузі в напрямку пошуку та виявлення додаткових об'єктів скупчень вуглеводнів, а також підвищення ефективності їх вилучення. Виконання поставлених завдань можливе за умов зростання інформативності та достовірності методів і способів діагностики геологічних розрізів, а також порід, що їх виповнюють. Геофізичні дослідження свердловин відносяться до групи основних базових методів, які дають змогу реалізувати поставлені завдань. Однак складна геологічна будова пошукових об'єктів, недостатня чутливість геофізичних приладів, неврахування впливу свердловинних умов на покази електричних методів, в окремих випадках не дають змоги виділити продуктивні пласти, ускладнюють можливість визначення їх характеру насичення.

Питомий електричний опір гірських порід змінюється від часток до сотень і навіть мільйонів омметрів, що дає можливість вивчати їх за цим параметром. В природних умовах гірські породи вміщують водні розчини солей. Як внаслідок цього питомий електричний опір порід залежить не тільки від питомого електричного опору твердих частинок мінералів, які утворю-

ють скелет породи, їх вмісту, але і від їх хімічного складу, концентрації і кількості водних розчинів, що заповнюють поровий простір породи. Питомий електричний опір порід також залежить від форми і розмірів зерен та її структури. Електропровідність гірських порід по природі, як ми вже знаємо, може бути електронною і іонною. Першою володіють частинки породи, другою – води, що насичують поровий простір, деякі легкогідролізуючі мінерали, які зазвичай входять до складу глин, і в дуже малій кількості кристали інших мінералів, що входять до складу породи. Незначна дисоціація кристалів і відсутність достатньої кількості вільних електронів зумовлюють достатньо малу електропровідність більшості мінералів. Питомий електричний опір мінералів, за виключення самородних металів, сульфідів, деяких оксидів і графіту, визначається тисячами і мільйонами омметрів. Слід відзначити, що в природних умовах залежно від фізичного стану мінералів, кристалічної структури її питомий електричний опір може змінюватись. Так, наприклад, пірит та інші сульфіди є мінералами малого опору, в окремих випадках він може становити 10^{-2} Омм.

Виходячи із сказаного, нами проводились роботи, які мали за мету підвищення інформа-

тивності та достовірності електричних досліджень як у процесі буріння свердловин, так і при розробці нафтогазових родовищ. Для реалізації цієї мети були проведені комплексні геолого-геофізичні дослідження впливу різних факторів на результати електричних методів, а саме: на методи самочинних потенціалів (ПС), бокового каротажу (БК), стандартного каротажу та бокового каротажного зондування (БКЗ). Дослідження проводились як на керновому матеріалі в лабораторних умовах, так і безпосередньо в свердловинних умовах. Для проведення лабораторних досліджень ми провели відбір кернового матеріалу із низькоомних інтервалів низки свердловин нафтогазових родовищ України. Далі складалась колекція керна, за допомогою якої в подальшому встановлювались особливості мінералогічного складу матриці породи, виявлялись мінерали, які спричиняють електронну провідність самої породи, визначалась структура порового простору. В подальшому нами не припинялись лабораторні дослідження керна, та за петрографічним аналізом шліфів було встановлено наявність порід-колекторів різного літолого-мінералогічного складу у гелветських відкладах. Особливістю даних відкладів є те, що вони різноманітні як за своїм мінералогічним складом, так типом цементу, який входить до їхнього складу. Більш детальне вивчення низькоомних порід-колекторів гелветського ярусу, дало змогу встановити, що на провідність нафтогазонасиченого колектора впливає певний вміст піриту та хлориту у матриці породи. Крім наведених вище мінералів, також до складу матриці породи ще входять циркон, глауконіт, шамозит, сфалерит та гранати, рідше зустрічаються мінерали класу сульфідів та оксидів. Важливим є те, що саме вони спричиняють електронну провідність колектора при певному їх співвідношенні у матриці породи. Так, в результаті випробування інтервалу 1500-1510 м свердловини Летня – 9 було отримано прилив газу. Важливим є те, що за даними комплексу електричних методів даний інтервал характеризувався як низькоомний, а за петрографічним аналізом шліфів встановлено, що вміст у скелеті породи піриту становить 1,5%, глауконіту – 3,2%, каолініту до 10%.

Основною проблемою, яка виникає при інтерпретації результатів електричних методів є невідповідність їх показів пластовим умовам. Як приклад можна навести результати електричних досліджень свердловин нафтогазових родовищ Карпатської нафтогазонасної провінції, родовища Летнянське, Гайське, Вишнянське, Вижомлянське та Яблунівське, Селюхівське, Андріяшівське, Шевченківське, Коблівське Дніпрово-Донецької западини (ДДз). У свердловинах Летня – 5, 9 з інтервалів 1574-1580 м та 1488-1490 м, Селюхівська – 1, 3 з інтервалів 3307-3314 м та 3345-3352 м, Андріяшівська – 7 з інтервалів 5260-5268 м, 5279-5288 м, у яких питомий електричний опір порід за даними електрометрії змінюється від 1 до 5 Ом·м, що характерно для водоносних порід, при випро-

бовуванні було отримано приток газу від 10 тис.м³/доб до 31 тис. м³/доб.

Таким чином, як видно із результатів випробування, продуктивні пласти за результатами електричних методів відмічаються як водоносні і не враховуються як пошукові об'єкти, в той же час вони насичені вуглеводнями. Для встановлення факторів, які деформують параметри, що визначають природні та викликані електричні поля у геологічних розрізах окремих родовищ, нами проводились дослідження природи цих чинників та їх зв'язку із петрофізичними параметрами. Враховуючи те, що електропровідність гірських порід значною мірою залежить від концентрації електролітів в пустотному просторі, а також у матриці гідрофільних літотипів, нами досліджувався вплив хімреагентів та пластових вод на величину питомого електричного опору. Аналіз робіт ряду науковців [1, 2, 3] дав підстави стверджувати, що коли один або декілька змішаних розчинів електролітів заповнюють поровий простір породи, які адсорбують переважно іони одного знаку, то відбувається перерозподіл їхньої концентрації в розчині, що в свою чергу зумовлює зміни дифузійно-адсорбційної активності породи та величини її потенціалу. Із результатів моделювання зв'язку типу електроліту із величиною адсорбційно-дифузійного потенціалу видно, що збільшення лужності розчинів призводить до зростання потенціалів глин, при цьому майже не змінюється $E_{да}$ пісковиків і навпаки, зростання кислотності середовища призводить до зменшення $E_{да}$ глин при збільшенні $E_{да}$ пісковиків. На контакті розчинів різних концентрацій хімреагентів із незмінним розчином NaCl дифузійний потенціал (U_d) змінюється із збільшенням питомого опору розчину згідно з формулою (1)

$$U_d = K_d \lg \frac{\rho_2}{\rho_1}, \quad (1)$$

де: ρ_1 – питомий опір розчину NaCl (пластової води);

ρ_2 – питомий опір розчину, що досліджується (буровий розчин, фільтрат, промивна рідина);

K_d – коефіцієнт дифузії.

У природних умовах води, які заповнюють поровий простір, торкаються частинок порід, і буровий розчин містить велику кількість глинистих частинок. Внаслідок цього виникає різниця потенціалів на границі розчин – порода, яка відрізняється від потенціалів, що виникають при вільному торканні, не тільки за величиною, але й за знаком. Різка зміна величини і знака різниці потенціалів при змішуванні розчинів, що насичують породи та глинистих розчинів, пояснюється адсорбцією іонів поверхнею твердих частинок гірських порід, а особливо колоїдних частинок глинистих формацій.

За даними В.Н.Кобранової, видно, що збільшення величини відношення концентрації контактуючого з породою бурового розчину та

Таблиця 1 — Результати визначення мінералогічного складу порід міоценових відкладів рентгеноструктурним методом

№ зразка	α-кварц	Кальцит CaCO ₃	Мусковіт KAl ₂ [OH] ₂ {AlSi ₃ O ₁₀ }	Магнезит	Шамозит (FeMg) ₅ (FeAl)[OH] ₃ {S ₃ (SiAl)O ₁₀ }	Серицит K(AlFe) ₂ [OH] ₂ {AlSi ₃ O ₁₀ }	Дистен Al ₂ O(O ₄)	Al(PO ₄) ₂ (OH) ₃ * 6H ₂ O	Ортоклаз K(AlSi ₃ O ₈)	Плазаліт Ca ₃ Al ₂ (OH) ₄ (SiO ₄ CO ₂)	Гілебрандіти 2CaO* SiO ₂ * H ₂ O	Нефрит Al ₂ (OH) ₄ Si ₂ O ₃	Іліт K(AlFe) ₂ * (OH) ₂ AlSi
481	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-
481a	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-
483	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+
508	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+
512	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+
535	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+
538	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+
540	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
540a	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+
537	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
558a	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+
564	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
493	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+
493a	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
532	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-

“+” наявність мінералу “-” відсутність мінералу

Таблиця 2 – Результати рентгено-структурного аналізу глини і відмитих від глини пісковиків сармат-гелльєтських відкладів

№ п/п	№ св.	Глибина відбору	Кварц	Каолініт	Мусковіт	Серіцит	Іліт	Біотит	Магnezит	Кальцит	Тальк	Піродиніт
1	5	1484.0	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
2	5	1484.0	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
3	5	1491.0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	5	1579.0	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
5	5	1579.5	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+
6	5	1588.0	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+
7	5	1588.5	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+
8	5	1603.0	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+
9	5	1603.5	+	-	-	+	-	+	+	+	-	+
10	5	1605.0	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-
Пісковики												
№ п/п	№ св.	Глибина відбору	Кварц	Каолініт	Мусковіт	Гідрослюди	Глауконіт					
1	5	1590.0	-	-	-	-	-					
2	5	1592.5	+	-	-	-	-					
3	5	1593.5	+	-	-	-	-					
4	5	1594.0	+	-	-	-	-					
5	5	1594.5	+	-	-	-	-					
6	15	1582.0	+	-	+	-	-					
7	15	1578.5	+	-	+	-	-					
8	9	1484.0	+	-	-	-	-					
9	9	1487.0	+	-	-	-	-					
10	9	1488.5	+	-	-	-	-					
Сарматські відклади												
№ п/п	№ св.	Глибина відбору	Кварц	Каолініт	Мусковіт	Серіцит	Іліт	Біотит	Мамозит	Кальцій	Крипто-баліт	Тальк
1	37-Л	1555.0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	37-Л	1555.5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	37-Л	1560.0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	37-Л	1563.5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	37-Л	1688.0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	37-Л	1689.0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	37-Л	1689.5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	37-Л	1695.0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	37-Л	1695.5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	37-Л	1696.0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
“+” наявність мінералу “-” відсутність мінералу												

його фільтрату зумовлює зниження дифузійно-адсорбційних потенціалів $U_{да}$, які є домінуючими у загальному потенціалі природного електричного поля. Таким чином, як видно із результатів досліджень, основні потенціали, які відображаються на кривих методу самочинних потенціалів (ПС), формуються завдяки багатьом чинникам, не завжди пов'язаним із літологією породи. Вплив хімреагентів та концентрації бурових розчинів на форму кривих ПС суттєвий і відрізняється від таких, що одержані без використання хімреагентів у бурових розчинах.

Аналізуючи вплив хімічного складу та мінералізації бурового розчину концентрації фільтратів на величину позірною опору $\rho_{поз}$, можна стверджувати, що він неоднозначний. Суттєвий вплив на значення $\rho_{поз}$, за результатами часових замірів методом бокового каротажного зондування, має зона проникнення і зміна властивостей промивної рідини при обробці останньої різними хімреагентами. За даними Грицишина В.І. [1], видно, що наявність в промивній рідині хімреагентів призводить до зміни величини електричного питомого фільтрату із 0,8 Ом·м до 0,4 Ом·м. Особливо значні зміни питомого електричного опору спостерігаються при замірах малими зондами (0,45 м і 1,05 м). Інші покази зменшились у 30 разів порівняно з показами великих зондів. Така особливість зміни питомого електричного опору в процесі почасових замірів методом БКЗ пояснюється наявністю у присвердловинній зоні пластів незначного проникнення. Залежно від наявності у зоні проникнення не витісненого фільтрату зміна питомого електричного опору може відбутися в бік збільшення.

Аналіз впливу хімреагентів на величину показів методу бокового каротажу (БК) засвідчив, що їхній вміст не позначається на результатах досліджень. Результати досліджень мінералогічного складу матриці порід, відібраних із міоценових відкладів (табл. 1), підтверджують наявність струмопровідних мінералів, які за певних умов збільшують коефіцієнт електричної звивистості ($T_{ел. зв.}$) і зумовлюють низькоомність порід-колекторів, знижуючи при цьому інформативність електричних методів. У чистих незаглинених пісковицях відсутність тонкодисперсної пелітової фракції (табл. 2) зумовила мономіктовість скелета породи, цим самим заперечивши ймовірність електронної провідності продуктивних пластів.

Узагальнюючи результати аналізу і причин низькоомності продуктивних порід, можна зробити висновок що:

– сильнозаглинені, глинисті та поліміктові породи-колектори в окремих випадках можуть характеризуватися електронною провідністю матриці породи, деформуючи при цьому як форму кривих електричних методів, так і їх параметри;

– породи-колектори піщаники з гранулярною пористістю незначної глинистості та малою залишковою водонасиченістю характеризуються електричними параметрами, які зумовлені здебільшого характером насиченості порового простору.

Література

1. Изучение влияния химреагентов на характеристику геофизических параметров: Отчет о НИР. Грицишин В.И. и др. / ИФИНГ. – Ивано-Франковск, 1978. – 75 с.
2. Изучение промыслово-геофизическими методами влияния промывочной жидкости на коллекторские свойства горных пород в присважинной части разреза и оценка качества вскрытия коллекторов: Отчет НИР Грицишин В.И. и др. / ИФИНГ. – Ивано-Франковск, 1979. – 112 с.
3. Изотова Т.С., Радченко Н.Ф., Рябчук С.Д. Интерпретация данных каротажа сложных геологических разрезов. – М.: Недра, 1975. – 65 с.