

6. Донцов К.М. Об искривлении индикаторных линий, снятых на глубоких скважинах трещинного коллектора // Нефть и газ. – 1965. – № 4. – С. 41-44.

7. Донцов К.М., Боярчук В.Т. К вопросу обработки индикаторных линий скважин трещинного коллектора // Нефтяное хозяйство. – 1968. – № 6. – С. 38-42.

8. Масевський Б.Й., Мончак Л.С., Сорока М.М. Про нетрадиційні колектори нафти і газу

Передкарпаття // Стан, проблеми і перспективи розвитку нафтогазового комплексу Західного регіону України: Тези доп. 1-ї наук.-практ. конф. – Львів, 1995. – С. 71-72.

9. Масевський Б.Й., Храбатинко І.В., Зінчук М.С. До питання тектонічної тріщинуватості порід-колекторів Довбушансько-Бистрицького родовища Передкарпатського прогину // Питання розвитку газової промисловості України. – Харків, 2001. – Випуск ХХІХ. – С. 90-93.

УДК 553.832

## ПРИЧИНИ НИЗЬКООМНОСТІ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ТА ОЦІНКА ХАРАКТЕРУ ЇХ НАСИЧЕННЯ В УМОВАХ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ УКРАЇНИ

<sup>1</sup>Д.Д. Федоришин, <sup>1</sup>С.Д. Федоришин, <sup>2</sup>А.В. Старостін, <sup>1</sup>Я. М. Коваль

<sup>1</sup>ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42056  
e-mail: geophys@nung.edu.ua

<sup>2</sup> Державне підприємство “Полтавське управління геофізичних робіт”,  
36007, м. Полтава, вул. Заводська, 16, тел. (05322) 33060, e-mail: starostin@ugr.poltava.ua

*Результаты электрических методов исследования скважин не всегда можно использовать при оценке характера насыщения продуктивных пластов. В зависимости от поставленной геологической задачи и условий проведения геофизических исследований они могут играть как основную, так и второстепенную роль. Однако в большинстве случаев именно электрические методы в отличие от других позволяют выявить продуктивные пласты в поисковых скважинах. Рассматриваются причины низкоомности сложнопостроенных пород-коллекторов и проводится оценка характера их насыщения по данным электрического каротажа. Установлен ряд факторов, которые вызывают низкие значения электрических методов в процессе исследования скважин. Данная проблема рассматривается на примере исследования пород-коллекторов миоценовых отложений газоконденсатных месторождений Бильче-Волицкой зоны Карпатской нефтегазоносной провинции и визейских, турнейских и девонских отложений нефтегазовых месторождений Днепровско-Донецкой впадины.*

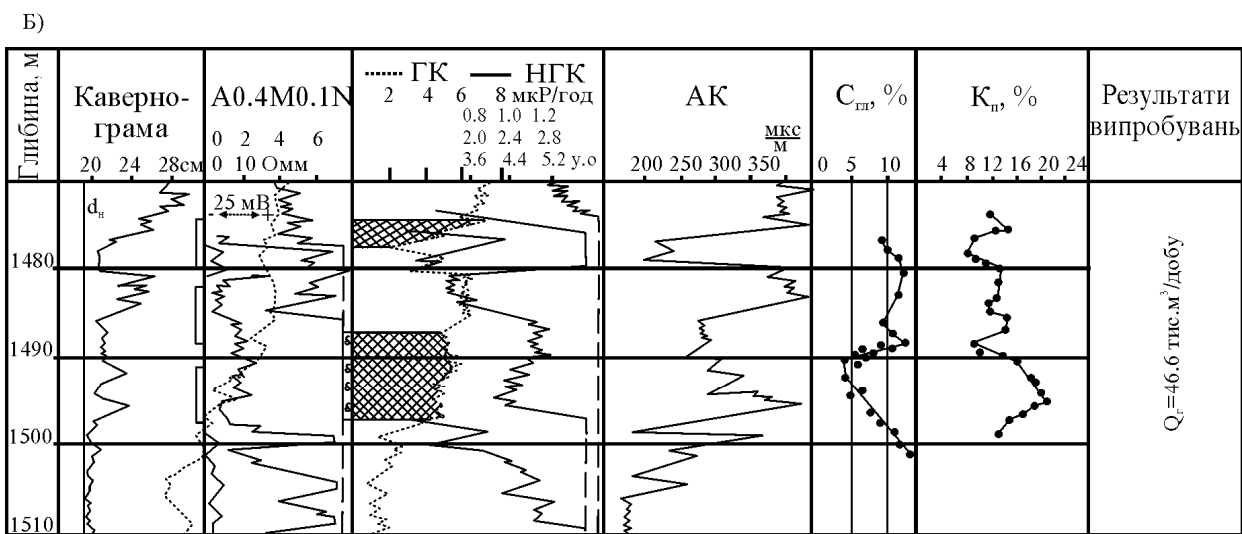
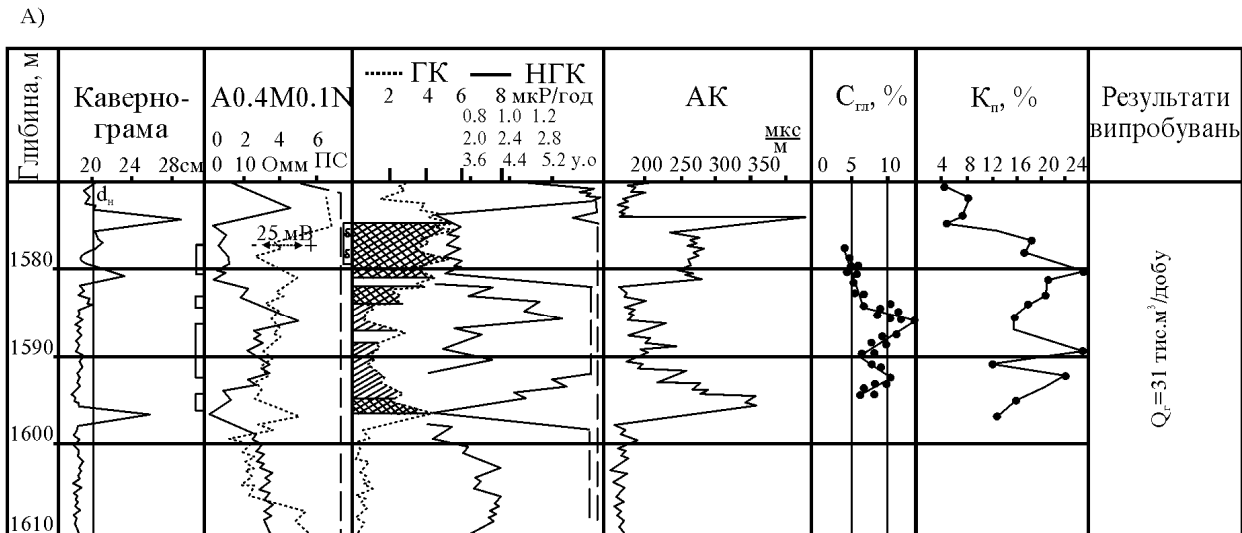
*Electric logging appears to be either a primary or secondary method for estimation of probable reserves of exploratory wells depending on the geological task and conditions of geophysical investigation. But in most cases it is electric logging, unlike other methods, that makes it possible to uncover payout bed in prospecting boreholes. The article deals with causes for composite anticline low resistance and estimation of probable reserves by way of electric logging. Factors for low coefficient of electric logging method of exploratory wells are stated. The research is based on the investigation of composite anticline of Miocene gas condensate deposits of Bilche-Volytsk region of the Carpathian oil-and-bearing province as well as Tournaisian and Devonian deposits of the Dnieper-Donetsk depression.*

Одним з найважливіших завдань щодо збільшення видобутку газу і конденсату є нарощення запасів вуглеводнів за рахунок відкриття нових перспективних площ, впровадження у розробку пропущених пластів, виявлених у процесі переінтерпретації результатів геофізичних досліджень свердловин (ГДС).

Вирішення поставленого завдання можна здійснити шляхом удосконалення як технології проведення ГДС, так і підвищення ефективності методик інтерпретації кривих електричних та електромагнітних методів.

Аналіз результатів досліджень складнопобудованих порід-колекторів типовим комплексом свердловинних геофізичних методів засвід-

чив, що в окремих випадках методи електротрії є малоінформативними. Форма кривих питомого електричного опору та електропровідності часто є неадекватною насиченню породи-колектора. Особливо такі відмінності мають місце при дослідженні міоценових відкладів газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Карпатської нафтогазоносної провінції та визейських, турнейських і девонських відкладів нафтогазових родовищ Дніпрово-Донецької западини. Як приклад можна навести результати електричних досліджень свердловин № 5 та № 9 Летнянського газового родовища Більче-Волицької зони (рис. 1), та Селюхівська–1 Дніпрово-Донецької западини (рис. 2).



- Пісковики-колектори з низькою гамма-активністю;
- Пісковики-колектори з підвищеним вмістом урану і торію;
- Інтервал відбору керна;
- А) Сverdловина 5-Летнянська;
- Б) Сverdловина 9-Летнянська.

**Рисунок 1 – Типовий комплекс методів ГДС, проведений на Летнянському газовому родовищі**

Як видно із рисунків (1, 2), криві уявного опору змінюються від 1 Ом до 18 Ом. При випробуванні такого об'єкта у свердловині Летнянська – 5 отримано приплив газу Q<sub>г</sub>=31 тис.м<sup>3</sup>/добу. Аналогічна ситуація спостерігається і на Селюхівському родовищі ДДз. Таким чином, актуальність встановлення причин та факторів, які суттєво впливають тією чи іншою мірою на величину електропровідності, є очевидною. Для реалізації цього завдання нами було здійснено ціле направлений відбір керна із низькоомних об'єктів свердловин Летнянського та Селюхівського родовищ. Колекції зразків керна компонувались таким чином, щоби можна було встановити особливості мінералогічного складу матриці породи, визначити специфіку структури порового простору, виявити мінерали, які зумовлюють електронну провідність

скелета породи. Окрім цього, нами визначалися межі змін коефіцієнта залишкового водонасичення у пісковиках із різним вмістом глинистого матеріалу. За результатами лабораторних досліджень, а саме, петрографічний аналіз шліфів, дав змогу встановити у гелветських відкладах наявність порід-колекторів різного літолого-мінералогічного складу (табл. 1). Як видно із таблиці 1, породи-колектори, що характеризуються низькими питомими опорами гелветських відкладів, різноманітні як за своїм мінералогічним складом, так і за типом виповнення їх цементу (рис. 3, 4).

Основними мінералами, які входять до складу матриці низькоомних порід за петрофізичними даними, є хлорит, циркон, глауконіт, пірит, шамозит, сфалерит, місцями гранат. Як видно із опису шліфів, у пісковиках гелвету

відзначаються мінерали, які належать до класу глі та кутасті уламки кварцу складають 65-75%.

**Таблиця 1 – Класифікація гелветських відкладів газових родовищ Більче-Волицької зони за їх радіоактивністю**

Група	Порода	Середній вміст радіоактивних елементів, %				Мінерали, що зумовлюють інтегральну радіоактивність порід (важка фракція) $J_{\gamma}$ , %
		Th·10 <sup>4</sup>	U·10 <sup>4</sup>	K	$J_{\gamma}/\Delta J_{\gamma}$	
1	Пісковики					
	а) гравійні з хлорито-кальцитовим і хлорито-глинистим цементом	2.0	1.3	0.8	5/0.13	Циркон (1%), хлорит (до 5%)
	б) Пісковики різнозернисті з хлорито-глинистим цементом	2.0	1.0	0.5	4.1/0.21	Циркон (2%), глауконіт (1%)
	в) Пісковики дрібнозернисті з хлорито-глинистим, хлорито-кальцитовим, кальцито-глинистим і кальцитовим цементом	2.1	1.2	0.5	4.0/0.29	Хлорит (3-5%), циркон (1-5%), глауконіт (одиночні зерна)
	г) Пісковики алевритисті з глинисто-кальцитовим цементом	2.2	1.3	1.0	6.7/0.94	
2	Алевроліти					
	а) Алевроліти гравійно-піщанисті з глинисто-кальцитовим цементом	3.4	1.8	1.5	7.2/0.37	Циркон (2-2.5%), гранат (0.5-1%), хлорит (1.5%)
3	Аргіліти					
	а) Аргіліти вапнисті	3.1	1.4	0.4	8.4/0.41	
4	Вапняки					
	а) Вапняки гравійно-піщанисті	1.7	1.0	0.8	5.1/0.23	Одиночні зерна глауконіту
	б) Вапняки піщано-глинисті з форамініферами та іншими залишками	3.2	1.6	1.2	6.2/0.31	Одиночні зерна глауконіту і циркону, каолітин, біотит, піроділіт

сульфідів та окислів. При відповідному їх співвідношенні у матриці породи вони можуть зумовлювати електронну провідність породи-колектора. Наприклад, свердловина Летнянська – 9, інтервал 1500-1510 м вміст піриту 1,5%, глауконіту 3,2%, каолініту до 10%, при незначному вмісті хлориту, гранату, монтморилоніту. Уявний питомий опір гірських порід, вимірний у цьому інтервалі півметровим градієнт-зондом, складає 0,5-1,5 Ом. За результатами випробування отримано приплив газу ( $Q_g = 46,6$  тис. м<sup>3</sup>/добу). Однак у більшості випадків пісковики гелвету, які насичені вуглеводнями, у складі матриці породи мають хлорит, циркон та глинисті мінерали. Вміст цих мінералів відмічено також у цементі порід. Процентний вміст цих мінералів у літописах гелвету першої і другої групи становить: циркон (1-1,5%), хлорит (1-5%), гранат (0,5-1%) [1]. Аналіз співвідношення породоутворюючих мінералів, розподіл уламків кварцу та складу цементу у шліфах дав підстави зробити висновок, що уламки кварцу значно відрізняються один від одного розміром і сортуванням зерен. Окремі зерна не дотикаються один до одного, часто нерівномірно розсіяні, цемент дрібнозернистий і розкристалізований, розподілений стахостично по матриці породи (рис. 4). Як видно із рисунка, напівкру-

У складі цементу, який є в основному глинистий, тонкодисперсний (стрічковий), відзначаються включення гідрослюд та хлорито-глауконітів темно-зеленого кольору, неправильної форми. Такі породи володіють добрими колекторськими властивостями, мають значну пористість ( $K_p = 10-20,5\%$ ), (рис. 5). Наявність у такого типу пісковиках значної глинистості зумовлює підвищення вмісту залишкової води породи-колектора, що призводить до зміни її електропровідності.

Слід зазначити, що форма розміщення залишкової води у породи гелветських відкладів різна і точність її визначення буде залежати від методів, які при цьому використовуються. Враховуючи те, що величина зв'язаної води обумовлює кількісно коефіцієнти нафтогазонасичення, а також впливає на форму кривих електричних та електромагнітних методів, нами проаналізовано низку фундаментальних праць [2, 3, 4], присвячених дослідженням умов формування залишкового водонасичення у породах із різною структурою порового простору. Результати наведених робіт дали змогу узагальнити розуміння зв'язаної води породи-колектора. Однак, як видно із наукових праць, низкою науковців недостатньо аргументовано явище впливу хімічно зв'язаної та рихло зв'язаної залишкової

води на електричні властивості матриці породи. У розрізі осадової товщі Карпатської нафтогазоносною провінції і ДДз відмічаються породи, у яких формування зв'язаної води зумовлено не

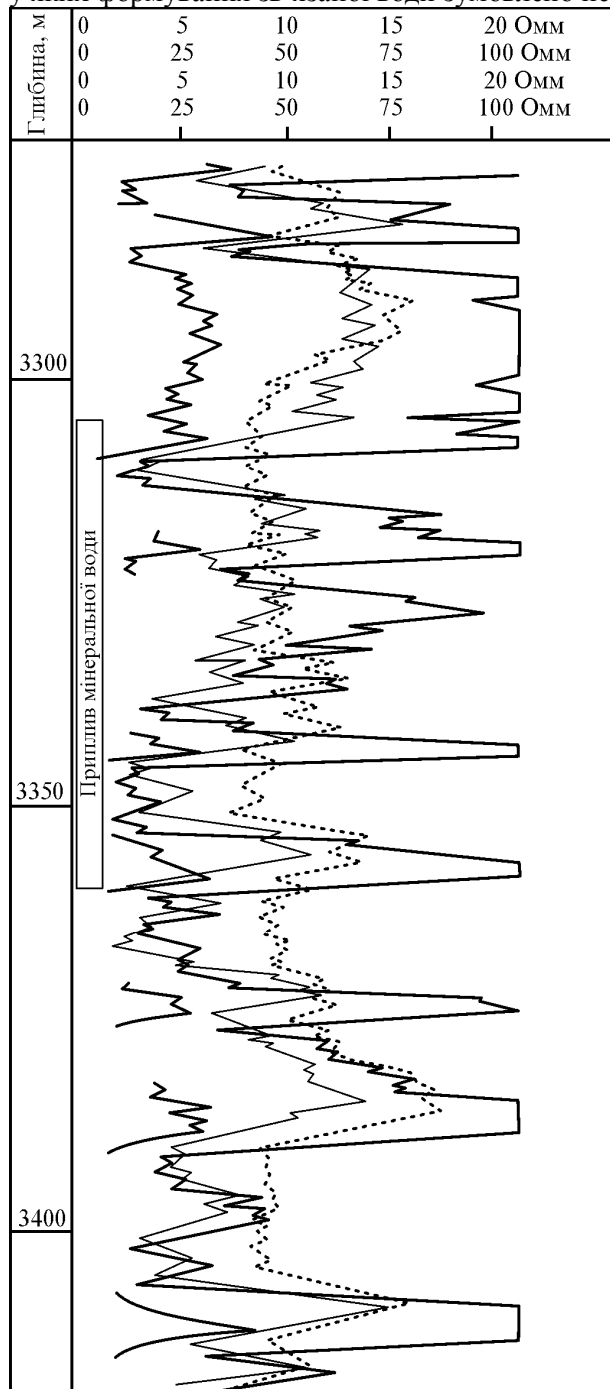


Рисунок 2 – Стандартний комплекс ГДС св. Селюхівська-1

тільки наявністю глинистого матеріалу, але й ступенем перекристалізації мінералів матриці породи. Так, наприклад, у візейських та турнейських відкладах Селюхівської площі відмічається перехід від кварцових пісковиків до поліміктових і навпаки. Подібні явища зустрічаються і у інших відкладах середнього та верхнього карбону і пермі, колектори яких переважно складені поліміктовими пісковиками із різним вмістом польових шпатів, слюд та інших

мінералів. Вторинні процеси, що відбуваються, а це пелітизація калієвих польових шпатів із подальшим перетворенням їх у каолініти, зумовлюють зростання величини  $K_{зв}$  до 50 % (табл. 2).



Рисунок 3 – Дрібно-зернистий пісковик з хлорито-гlaubонітовим глинистим цементом



Рисунок 4 – Піщаний алевроліт з кальцито-глинистим цементом

За результатами аналізу обробки та інтерпретації даних ГДС з поліміктовою і мономік-

никності продуктивних пластів із коефіцієнтом пористості та зв'язаної води  $K_{Пр} = f(K_{П}, K_{зв})$  можна встановити граничне значення  $\Delta K_{зв}$ , яке

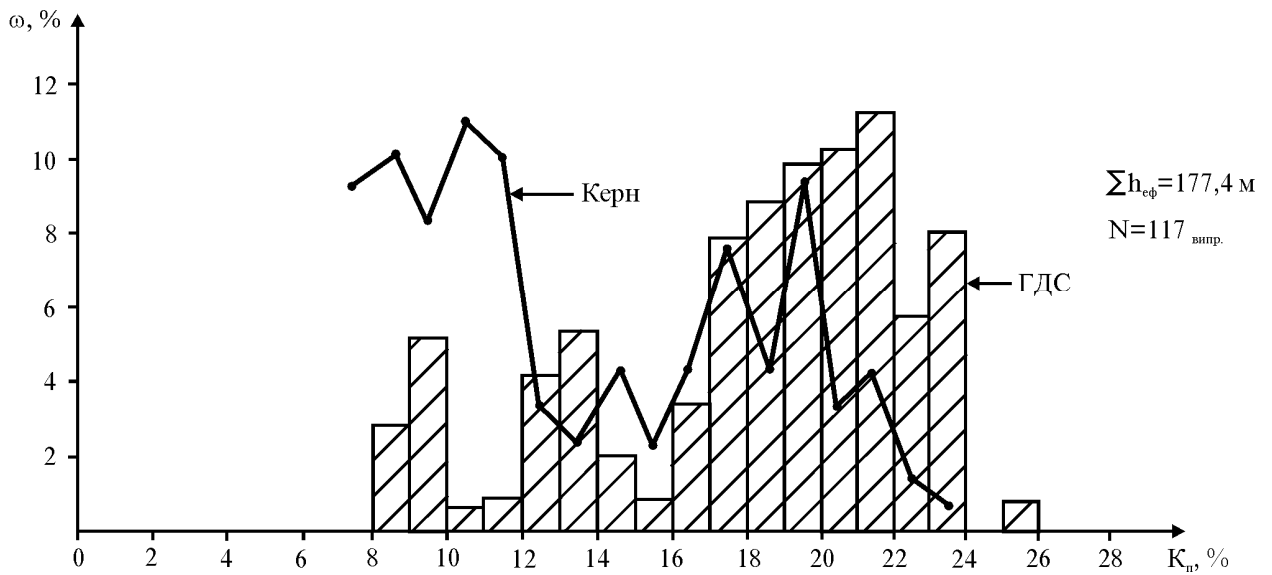


Рисунок 5 – Гістограма розподілу коефіцієнта пористості порід гелльветських відкладів

Таблиця 2 – Величина петрофізичних параметрів у поліміктових породах-колекторах

№ зразка	Глибина відбору, м	$K_{п}, \%$	$K_{зв}, \%$	$\rho_v, \text{Омм}$
Селохівська – 1				
37869	3320,0	10	8,9	1,8
37871	3320,5	9,6	19,4	2,7
37877	3322,0	6,1	6,7	2,4
37883	3323,5	13,8	39,8	2,5
37893	3326,0	4,6	22,8	1,6
Селохівська – 3				
40432	3355,0	6,9	9,8	2,4
40433	3356,0	8,6	95,1	0,11
40443	3463,0	11,9	11,4	2,7
40444	3463,3	7,7	39,6	2,08
40457	3468,3	4,7	22,4	3,9

товою будовою колектора встановлено, що наявність зростання глинистої кірки та глинистої фракції у пластах призводить до відповідного зростання коефіцієнта зв'язаної води, а як наслідок спричинює неадекватність оцінки характеру їх насичення.

Аналіз мінерального складу глинистої фракції низькоомних порід-колекторів дав змогу виявити ряд критеріїв, за якими можна достатньо впевнено виділити нафтонасичені пласти відносно водонасичених. Одним із основних критеріїв нами виділено коефіцієнт залишкового водонасичення. В основі виділення продуктивних низькоомних порід-колекторів за цим критерієм лежить принцип співставлення розрахункового значення коефіцієнта залишкового водонасичення породи, що досліджується, із коефіцієнтом залишкового водонасичення цієї породи, визначеної на зразках керна. За встановленими залежностями коефіцієнта про-

буде характеризувати як сам тип колектора, так і його насичення

$$\Delta K_{зв}^{кр} = K_{зв}^p - K_{зв}^k, \quad (1)$$

де:  $\Delta K_{зв}$  – різниця значення залишкового водонасичення відносно середньостатичного визначеного за рахунок керна;

$\Delta K_{зв}^p$  – розрахункове значення коефіцієнта залишкового водонасичення з врахуванням коефіцієнта проникності та даних ГДС;

$\Delta K_{зв}^k$  – коефіцієнт залишкового водонасичення, визначений на зразках керна.

Якщо розглядати мономінеральні, чисті незаглинизовані пісковики, то фільтрація пластових флюїдів у них підпорядковується закону Пуазейля, і в цьому випадку коефіцієнт абсолютної проникності розраховується згідно з рівнянням Козені-Кармана

$$K_{Pr} = \frac{K_{П.еф}^3}{f \cdot S_{\phi}^2 \cdot T_3^2}, \quad (2)$$

де:  $S_{\phi}$  – питома поверхня каналів фільтрації;  
 $f$  – коефіцієнт, який враховує форму порових каналів;  
 $T_3$  – звивистість порових каналів;  
 $K_{п.еф}$  – ефективна пористість.  
 Оскільки

$$K_{зв} = \frac{S_{\phi} \cdot \tau_v}{K_{П}},$$

а  $K_{П.еф} = (1 - K_{зв})K_{П},$

то формула (2) буде мати вигляд

$$K_{Pr} = \frac{[K_{П} \cdot (1 - K_{зв})]^3 \cdot \tau_v^2}{f \cdot T_3^2 \cdot (K_{П} \cdot K_{зв})^2}, \quad (3)$$

де  $\tau_v$  – товщина шару залишкової води.  
 Розрахований таким чином коефіцієнт проникності для неглинистих “чистих” пісковиків буде змінюватись в межах від  $1,5 \cdot 10^{-15}$  до  $1500 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ . Переважно такий коефіцієнт проникності відзначається у колекторах горизонтів В-16 – В-20, питомий електричний опір відповідає їхньому насиченню. Зміна коефіцієнта проникності від  $1,5 \cdot 10^{-15}$  до нуля характеризує породу-колектор як заглинизовану, вміст зв’язаної води в цьому випадку буде

$$K_{зв} = K_{зв}^{гл} + K_{зв}^n + K_{зв}^x + K_{зв}^{xn}, \quad (4)$$

де:  $K_{зв}^{гл}$  – зв’язана вода у глинах;  
 $K_{зв}^n$  – зв’язана вода в пелітизованій частині польових шпатів;  
 $K_{зв}^x$  – хімічно зв’язана вода у розсіяній та структурній глинистості;  
 $K_{зв}^{xn}$  – коефіцієнт хімічно зв’язаної води у польових шпатах і слюдах, які входять до складу кристалічної решітки.

Межа зміни коефіцієнта зв’язаної води розрахованої за формулою (4) коливається від 0 до 50%. Здебільшого це явище спостерігається у водонасичених, частково газонасичених породах-колекторах міоценових відкладах Карпатської нафтогазоносною провінції та девонських, візейських і турнейських відкладах ДДз. Питомий електричний опір таких пластів в окремих випадках невисокий (1–12 Ом·м).

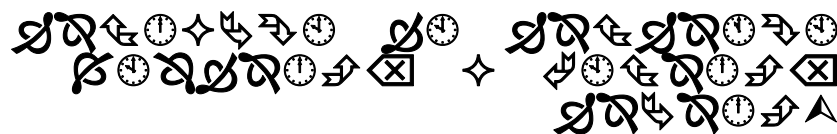
Таким чином, результати досліджень причин та факторів, які зумовлюють електропровідність порід-колекторів, дали можливість виділити таке:

1) Наявність в породі об’ємної та шарової глинистості, а також мінеральний склад глинистого цементу зумовлюють різні типи зв’язаної води, яка у певних геологічних умовах може проявляти себе як електрична звивистість, замикаючи силові лінії електричного поля та змінюючи електропровідність середовища. В окремих випадках спостерігаються такі явища у міоценових відкладах газоконденсатних родовищ Карпатської нафтогазоносною провінції та девонських, візейських і турнейських відкладах ДДз.

2) У міоценових відкладах газоконденсатних родовищах Більче-Волицької зони та девонських, візейських і турнейських відкладах ДДз епізодично спостерігається електрична провідність зумовлена вторинними процесами пелітизації калієвих польових шпатів, значним вмістом мінералів класу сульфідів.

### Література

1. Федоришин Д.Д. Теоретико-експериментальні основи петрофізичної та геофізичної діагностики тонкопрошаркових порід-колекторів нафти і газу (на прикладі Карпатської нафтогазоносною провінції): Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. – Івано-Франківськ, 1999.
2. Кожевников Д.А., Коваленко К.В. Макроописание остаточной водонасыщенности коллекторов // НТВ: Каротажник. – Тверь: Изд. АИС 1999. – Вып. 75. – С. 70–94 с.
3. Ханин А.А. Остаточная вода в коллекторах нефти и газа. – М.: Гостоптехиздат, 1963. – 208 с.
4. Злочевская Р.И. Связанная вода в глинистых грунтах. – М.: Недра, 1977. – 287 с.



Редакція журналу запрошує до співпраці спеціалістів нафтогазової галузі, котрі бажають опублікувати свої матеріали.

Будемо раді допомогти Вам налагодити ділові контакти через опублікування у нашому журналі реклами продукції та розробок Вашого підприємства.

**Сподіваємось, що Ви передплатите наш журнал на 2006 і 2007 роки.**

Наша адреса: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

тел. (03422) 4-20-15, 994-180

e-mail: rozvidka@nung.edu.ua; rozvidka@ifdtung.if.ua