

поділу газу. Це свідчить про те, що вибір адекватної моделі для коефіцієнта гідравлічного опору в газових мережах має теоретичне і практичне значення. Як показали наші дослідження, для умов переопомпвання газу в газових мережах високого і середнього тиску в широкому діапазоні чисел Рейнольдса формули Колбрука та Альтшуля дають практично однакові результати (відносна різниця результатів розрахунку коефіцієнта гідравлічного опору не перевищує 3%). У той же час відносна різниця результатів розрахунків коефіцієнта гідравлічного опору за формулами Колбрука і ВНИИгазу досягає 10-15 %, що помітно впливає на результати оптимізації параметрів системи розподілу газу. Тому в обчислювальних алгоритмах гідравлічних режимів роботи газових мереж середнього і високого тиску доцільно використовувати універсальну формулу Колбрука або практично рівноцінну за точністю формулу Альтшуля.

Розроблені нами обчислювальний алгоритм та програмне забезпечення мають широку сферу застосування дають можливість виконувати оптимізацію параметрів системи розподілу газу променевої структури за критерієм мінімальних капітальних вкладень при проектуванні чи реконструкції системи газопостачання населених пунктів.

менті таких мінералів як мусковіт, серицит, іліт, дістен, кварц, циркон, гранат, рутил, анатаз,

Література

1. Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д., Дубровский В.В. Моделирование и оптимизация поточкораспределения в инженерных сетях. – М.: Стройиздат, 1990. – 368 с.
2. Куприянов М.С. Влияние количества ГРС и их размещения на экономичность и надежность систем газоснабжения городов // Газовая промышленность. – 1967. – №3. – С.35-39.
3. Галиуллин З.Т., Кривошеин Б.Л., Ходанович И.Е. Аналитическое обоснование выбора оптимального варианта трасс сети газопроводов // Газовая промышленность. – 1965. – №2. – С.42-45.
4. Галиуллин З.Т., Черникин В.И. Новые методы проектирования газонефтепроводов. – М.: Недра, 1964. – С. 69-88.
5. Середюк М.Д., Малик В.Я., Болонний В.Т. Проективання та експлуатація систем газопостачання населених пунктів. – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 436 с.
6. Касперович В.К. Трубопровідний транспорт газу. – Івано-Франківськ.: Факел, 1999. – 198 с.

УДК 550.834

ВПЛИВ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ПЛАСТОВИХ ВОД І БУРОВИХ РОЗЧИНІВ НА ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ПАРАМЕТРИ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Д.Д.Федоришин, В.В.Федорів, С.Д.Федоришин

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

Сложность литологического состава пород-коллекторов визейских, турнейских и миоценовых отложений Днепровско-Донецкой впадины и Бильче-Волицкой зоны Предкарпатского прогиба обуславливает низкую информативность электрических методов исследований скважин. С целью повышения информативности данных методов следует изучить влияние минералогического состава скелета породы и глинистого материала, а также влияние минерализации пластовых вод и буровых растворов на их электрические параметры. В данной статье рассматриваются взаимосвязи вышеприведенных геологических факторов и соответствующих им электрических параметров.

Complexity of litological composition of rocks of Vizey, Turney and Miocene deposits of Dneper-Donetsk depression and Bilche-Volitskiy area of the Subcarpathian depression leads to lack of informing capacity of electric methods of hole exploration. In order to increase the informing capacity of those methods it is necessary to study the influence of mineralogical composition of rock skeleton and clay material, and also the influence of mineralization of underground waters and drilling muds. The given article deals with the influence of the above-mentioned factors on electric characteristics and parameters of rocks.

В умовах Дніпрово-Донецької западини та Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину геологічні розрізи визейських, турнейських і міоценових відкладів характеризуються багатозонним літологічним складом, зумовленим наявністю в скелеті породи та глинистому це-

лейкоксени, турмалін та інші. Для даного типу колекторів інформативність геофізичних методів досліджень, які традиційно використовуються, недостатня. Методики виділення та визначення колекторських властивостей порід-колекторів

такого типу, через неоднорідність їх мінерального складу у візейських, турнейських і міоценових відкладів, мають низьку ефективність.

Враховуючи те, що у більшості із них глинистість у зразках керну, який досліджувався, змінюється у широких межах 5-25 %, нами проводились роботи з метою встановлення її впливу на водонасиченість та мінералізацію пластових вод, а як наслідок на величину електропровідності та діелектричної проникності.

Ряд вчених у своїх працях [1, 2, 3, 4] вказують на зв'язок коефіцієнтів глинистісті та мінералізації пластових вод із величиною питомого електричного опору та електропровідності. У працях Б.Ю.Вендельштейна теоретично доказано, що зростання мінералізації пластової води при різній глинистісті зумовлює зростання питомого електричного опору порід. Однак ряд науковців вважають, що не завжди такий зв'язок існує [5, 6] і в кожному окремому випадку необхідно дослідити вплив глинистісті на величину питомого електричного опору. М.М.Еланський встановив, що електричний опір пластової води, при якому глинистість не впливає на електричний опір породи складає 0.22 Ом·м. Пояснюється це тим, що при високій мінералізації пластової води питомий електричний опір подвійного іонного шару ($\rho_{\text{шару}}$) є сталим і рівним 0.22 Ом·м. При цьому опір подвійного шару не залежить від кількості глинистого цементу, а також від мінералогічного складу глин (каолінит, ілліт, бентоніт, монтморилоніт). Таким чином, величина питомого електричного опору подвійного іонного шару є постійною для окремих літологічних типів, що виповнюють геологічні розрізи. Виходячи з цього, можна вважати, що вплив подвійного іонного шару на зміну питомої електричної провідності буде завжди сталим, але не визначальним при наявності аномально низьких значень електричного опору.

Існуючі на сьогодні петрофізичні моделі питомого електричного опору гірських порід [5, 6, 7] зводяться до розрахунку питомого електричного опору з урахуванням потенціалу подвійного електричного шару, однак не враховується при цьому фізично та хімічно зв'язана вода, а також характер насичення гірської породи.

З метою вивчення чинників, що зумовлюють кількість зв'язаної води в гірській породі, та для встановлення залежності її впливу на електричні параметри, нами досліджувалась структура порового простору зразків керна відібраних із міоценових, візейських та турнейських відкладів.

Аналіз результатів електричних досліджень міоценових відкладів Карпатської нафтогазоносною провінції та візейських і турнейських відкладів Дніпрово-Донецької западини показав, що аномально низький питомий опір (0.5-10 Ом·м) продуктивних нафтогазонасичених пластів зумовлюється рядом факторів, вплив кожного із них на зміну електропровідності неоднозначний. Враховуючи складність геологічної будови порід-колекторів нафтогазових родо-

вищ, нами проводились дослідження природи їх низькоомності в напрямках встановлення у складі матриці літотипів мінералів, що зумовлюють електронну провідність. Досліджувався вплив вологонасиченості, залишкової водонасиченості, мінералізації і температури, на зміну питомого електричного опору (таблиці 1, 2). У більшості випадків низькоомні породи-колектори міоценових відкладів є пісковики і алевроліти, пористість яких змінюється в широких межах 6-22%. Склад скелету породи-колектора, як бачимо з результатів описування шліфів та даних рентгеноструктурного аналізу, досить багатозафазовий (таблиця 3). Основні базові мінерали, які складають скелет породи-колектора, що характеризується низьким електричним опором та високою електропровідністю, є мусковіт, серицит, ілліт, дістен, кварц, з акцесорних мінералів циркон, гранат, рутил, анатаз, лейкоксени, турмалін. До складу мінералів першої групи входять атоми алюмінію частково заліза. Такі мінерали здатні проводити електричний струм та зумовлювати електричну провідність при умові, що їх вміст у гірській породі складає 40 і більше відсотків від об'єму породи.

За результатами літолого-петрографічного опису шліфів, які наведено в таблиці 3, їх відсоток складає не більше (1-2) одиниць. У той час у складі скелету породи переважають мінерали алюмосилікатної групи, відзначається також значна частка тонкодисперсної фракції глин. В окремих зразках відібраних із міоценових відкладів в інтервалах, що характеризуються за кривими електричних методів (стандартного і бокового каротажу) низьким електричним опором виявлені глауконіт, розсіяні зерна піриту. Цемент, частка якого складає 35-40 %, у більшості випадків глинистий, глинисто-карбонатний, мікро-тонкозернистий з великою кількістю бурої органічної речовини. Остання розміщена у вигляді плям та прошарків. Також виявлено скупчення піриту від 3% до 8% відносно об'єму цементу, в окремих породах пірит тонкозернистий з вуглистами прошарками. Результати рентгеноструктурного аналізу глин, пісковиків та відмитих від глин пісковиків (табл. 3) показали, що основний породотворюючий мінерал у низькоомних породах – кварц, і повністю відсутні мінерали, які могли б зумовлювати електричну провідність.

У більшості зразків керна, відібраного із міоценових відкладів, де має місце низькоомність, є мінерали, які утворились у результаті вторинних процесів – пелітизації калієвих польових шпатів із подальшим перетворенням їх у каолініт (свердловина Летня №5 1582-1588, 1603 м сарматські відклади інтервал 1555-1563,5 м і 1688,9-1704,8 м, 1706 м). Аналогічні мінерали виявлені за результатами рентгеноструктурного аналізу при описуванні шліфів та зразків керну відібраного з візейських та турнейських відкладів Яблунівського, Андріївського, Селюхівського родовищ.

Виходячи з аналізу результатів комплексних лабораторних досліджень керну, відібраного із низькоомних пластів, можна зробити ви-

сненок, що у такого типу порід, які вміщують вуглеводні, відсутні мінерали, зумовлюючи їх електричну провідність. Натомість до скелету

Таблиця 3 — Результати рентгеноструктурного аналізу глин, відмитих від глин

Таблиця 1 — Результати лабораторних петрофізичних вимірювань зразків порід-колекторів північно-західної частини ДДЗ

№ зразка	Інтервал	Місце відбору	K _п , %	K _{з.в.} , %	K _{пр} × 10 ⁻¹⁵ м ²	При мінералізації води 75 г/л			При мінералізації води 150 г/л		
						ΔT, мкс/м	ρ _{вп} , Ом·м	P _п	ΔT, мкс/м	ρ _{вп} , Ом·м	P _п
10–Яблунівська											
22372	4982-4990	0,5 від верху	12,4	4,1	248,3	274,5	10,58	88,2	280,0	6,4	98,5
22377	4982-4990	середина	12,5	0,3	220,3	282,4	8,48	70,7	290,7	4,8	73,8
22378	4982-4990	середина	9,0	0,7	94,5	273,3	15,53	129,4	273,3	10,0	153,1
22381	4982-4990	низ	14,0	21,7	341,3	294,8	5,73	47,8	293,3	3,8	58,8
22388	4990-4997	0,8 від верху	3,5	8,8	0,7	276,7	49,22	410,2	276,0	30,2	464,6
22393	4990-4997	низ	3,1	4,5	1,6	270,0	56,24	468,7	266,7	30,6	470,8
22398	4990-4997	середина	6,5	2,5	0,4	310,5	24,74	206,2	300,0	11,3	173,8
7–Андіяшівська											
25788	5260-5268	0,4 від верху	6,4	12,0	0,1	279,5	26,39	219,9	274,0	16,3	250,8
25789	5260-5268	0,9 від верху	5,9	3,8	0,3	266,3	24,52	204,3	262,5	17,6	270,8
25791	5268-5277	2,5 від верху	2,5	43,3	0,1	263,7	36,56	304,7	275,9	22,4	344,6
25794	5279-5288	середина	2,9	42,5	0,1	269,9	69,15	576,8	276,8	35,6	547,7
25796	5296-5305	0,3 від верху	4,8	16,9	0,2	304,0	22,22	185,2	296,0	10,4	160,0
25797	5296-5305	0,9 від верху	12,6	9,7	5,6	297,5	9,71	80,9	290,7	3,2	48,8
26132	5251-5260	0,8 від верху	6,5	5,3	0,1	270,7	24,02	200,2	258,5	19,9	306,2
26133	5251-5260	1,0 від верху	3,4	11,4	0,1	260,7	52,16	434,7	248,3	34,4	529,2
3–Селюхівська											
40432	3354-3363	1,0 від верху	6,9	9,8	266,8	268,0	7,54	62,8	260,0	4,8	73,8
40433	3354-3363	1,5 від верху	5,0	5,9	0,1	280,0	22,90	190,8	268,0	14,8	227,7
40437	3354-3363	3,5 від верху	9,2	0,4	494,5	276,7	7,37	61,4	262,7	3,9	60,0
40438	3354-3363	4,0 від верху	8,6	1,2	297,4	289,3	8,96	74,7	275,7	1,9	29,2
40439	3354-3363	4,5 від верху	6,4	4,0	20,8	263,3	16,96	141,3	266,7	11,7	180,0
40440	3354-3363	5,0 від верху	5,9	3,1	0,1	295,3	16,39	136,6	281,9	10,2	156,9
40442	3462-3470	0,5 від верху	11,6	3,0	366,9	286,1	6,74	56,2	277,3	4,1	63,1
40444	3462-3470	1,3 від верху	9,4	2,4	0,3	299,6	10,81	90,1	281,3	7,3	112,3
40448	3462-3470	2,4 від верху	7,8	1,1	41,0	262,2	13,45	112,1	253,3	2,2	33,8
40449	3462-3470	2,7 від верху	13,3	1,9	5,7	286,7	5,84	48,7	289,3	2,3	35,4
40453	3462-3470	4,0 від верху	1,8	13,8	0,1	240,0	65,50	545,8	240,0	35,8	550,8
40455	3462-3470	5,0 від верху	5,5	13,0	0,1	306,7	10,01	83,4	309,3	8,7	133,8
40457	3462-3470	6,3 від верху	4,7	22,4	0,1	296,0	13,90	115,8	300,0	10,7	164,6
40459	3462-3470	7,0 від верху	5,3	14,8	1,7	280,8	17,67	147,3	378,1	11,0	169,2

Таблиця 2 — Відносна зміна електричного параметру P залежно від ефективного тиску і температури

Клас колектора за А.А.Ханіним	P _{эф} , МПа	Глибина, м	Зміна параметра P							
			110°C	100°C	80°C	60°C	50°C	40°C	30°C	20°C
III	62	4500	1.17	1.18	1.15	1.11	1.11	1.07	1.04	1.00
	40	2900	1.16	1.17	1.14	1.10	1.10	1.06	1.04	1.00
	20	1500	1.13	1.14	1.12	1.10	1.10	1.06	1.06	1.00
	10	730	1.14	1.14	1.13	1.10	1.10	1.06	1.03	1.00
IV-V	62	4500	1.49	1.43	1.26	1.11	1.08	1.05	1.04	1.00
	40	2900	1.43	1.37	1.22	1.08	1.05	1.02	1.02	1.00
	20	1500	1.42	1.37	1.23	1.09	1.04	1.01	1.02	1.00
	10	730	1.41	1.36	1.23	1.09	1.05	1.00	1.00	1.00

пісковиків і глинистих пісковиків сармат-гельветських відкладів

Відмиті пісковики

№ свердловини	Глибина відбору, м	Мінерали										
		Кварц	Каолініт	Мусковіт	Серицит	Ілліт	Біотит	Магнезальний шамозит	Кальцит	Тальк	Пірофіліт	Марганець-Кальцій
5	1603	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-
5	1579	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+
5	1588,5	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+
5	1590,5	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+
5	1579,5	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+
9	1484,1	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-
9	1491	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-

Глини

№ свердловини	Глибина відбору, м	Мінерали						Гідрослюда	Глауконіт
		Кварц	Каолініт	Ортоклаз	Мусковіт	Біотит	Ілліт		
5	1603	-	-	-	-	-	-	-	
5	1593,5	-	-	-	-	-	-	-	
5	1592,5	-	-	-	-	-	-	-	
5	1590	-	-	-	-	-	-	-	
15	1582	-	+	-	+	-	-	-	
15	1578,5	-	-	+	+	-	-	-	
9	1502	-	-	-	-	-	-	-	
9	1491	-	+	-	-	-	-	-	
9	1488,5	-	-	-	-	-	-	-	
9	1487	-	-	-	-	-	-	-	
9	1484	-	-	-	-	-	-	-	

Пісковики глинисті (C_{гл}=5-15%)

№ взірців	Мінерали											
	Кварц	Каолініт	Мусковіт	Серицит	Ілліт	Біотит	Магнезальний шамозит	Кальцит	Кристалобарит	Тальк	Пірофіліт	Марганець-Кальцій
37 Л 1555-1563,5	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
37 Л 1706	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
37 Л 1688,9-1704,8	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
37 Л 1694,5	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
37 Л 1695	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
37 Л 1695,5	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-

+ наявність мінералу
- відсутність мінералу

порід входять ряд мінералів, які можуть зумовлювати підвищений вміст залишкового водонасичення як матриці породи, так і пустотного простору колектора.

Слід відзначити, що форма розміщення та кількість залишкової води в породи-колекторі різна і вплив її на фізичні та петрофізичні параметри порід також різний. Точність визначення вмісту K_{v.3} за результатами ГДС залежить від методів та способів, які використовуються для її вимірювання. Враховуючи те, що в розрізах візейських та турнейських відкладів відбуваються процеси переходу від кварцових пісковиків до поліміктових та навпаки, можна припустити, що це призводить до зміни співвідношення глинистого матеріалу в цементі та поровому просторі породи, а відповідно і до зміни кількості залишкової води в колекторах (табл. 1).

Ступінь пелітизації порід зумовлена умовами проходження вторинних процесів.

Враховуючи те, що геохімічні умови при яких формувалися візейські та турнейські відклади нафтогазових родовищ ДДЗ та міоценові відклади Більче-Волицької зони витримуються сталими, є можливість встановити коефіцієнт пелітизації.

З цією метою нами проводились дослідження мінерального складу глинистої фракції відмитих від глин пісковиків та пісковиків відібраних із продуктивних пластів. З отриманих результатів (табл. 3) випливає, що в пісковиках, відібраних із сарматських відкладів, присутні такі мінерали як ілліт, біотит, магнезальний шамозит, каолініт, серицит, кальцій, кварц. У глинах присутні каолініт, частково ортоклаз, біотит, мусковіт, серицит. Відмиті пісковики характеризуються наявністю в скелеті породи кварцу та відзначаються одиночні включення каолініту, мусковіту та ортоклазу.

Таким чином, породи-колектори, що складають міоценові відклади як у пісковиків, так і в глинах, які входять до їх складу, не вміщують значної кількості мінералів класу сульфідів, оксидів заліза та інших, які могли б зумовити електронну провідність. Поряд з цим за даними опису шліфів та рентгеноструктурного аналізу відмічено ряд мінералів групи алюмосилкатів, що мають низький питомий опір та входять до складу матриці пісковиків, а також до складу глин і глинистого цементу. Такий факт зумовив постановку комплексних досліджень керн, відібраного із низькоомних порід-колекторів візейських і турнейських відкладів нафтогазових родовищ Дніпрово-Донецької западини, з метою вивчення впливу характеру насичення на електричну провідність пласта.

У гірських породах вода знаходиться в різних фізичних формах зв'язку (вільно, міцно зв'язана, рихлозв'язана, конституційна, кристалічна). Враховуючи те, що вода в колекторах знаходиться в різних агрегатних станах нами вивчався вплив кожного із них на величину питомого електричного опору, діелектричної проникності як сухої так і насиченої породи. Виходячи з того, що до мінералогічного скелету породи входить конституційна (гідроксильна гру-

па (ОН⁻) і кристалізаційна Н₂О вода, нами проводились роботи з відокремлення вільної води з пустотного простору порід одночасно вимірюючи електричний опір і діелектричну проникність порід-колекторів. При цьому моделювалися різні коефіцієнти залишкової води, в умовах зміни концентрацій розчину солі (табл. 1). Як видно з отриманих результатів досліджень, збільшення концентрації солі у пластовій воді призводить до різкого зростання величини електричної провідності зразка керна. При мінералізації 75 г/л середнє значення питомого електричного опору дорівнює 27 Ом·м, при мінералізації 150 г/л для цих зразків — 7 Ом·м.

Фізично зв'язана або сорбована вода ділиться на міцно зв'язану і рихло зв'язану плівкову. Міцно зв'язана вода утримується на поверхні пори завдяки високим тискам, утворюючи тонку плівку, фізичні параметри якої близькі до параметрів твердих тіл. Оскільки міцно зв'язана вода формується за рахунок гігроскопічної води то її кількість знаходиться в тісній залежності від вологості самої породи.

Рихло зв'язана вода в поровому просторі породи утримується за рахунок сорбційних сил більших за силу, що зумовила максимально гігроскопічну воду. Вода, яка знаходиться поверх рихло зв'язаної, знаходиться вже поза областю дій сил притягування зі сторони твердого тіла і є вільною. У породах вона присутня в капілярній і гравітаційній формах. Капілярна вода утримується за рахунок пор малого діаметра під дією капілярних меніскових сил.

Гравітаційна вода знаходиться поза дією сорбційних і капілярних сил та переміщається під дією сили тяжіння.

Враховуючи те, що електричний опір і діелектрична проникність порід залежить від електропровідності залишкової води, нами проводились дослідження змін її характеристик від кількості розчинених у ній солей.

У результаті досліджень встановлено, що пластові води як еоцену, так і міоцену мають непостійний хімічний склад і мінералізацію, яка змінюється від часток до 150-170 г/л. У більшості випадків вони є хлоркальцієвого типу. Вміст іонів $Mg^{++} + Ca^{++}$ знаходиться в межах 58.7-186.47 мг/л. Найбільш високомінералізовані води мають хлоридонатрієвий склад. Як видно із аналізу хімічного складу вод, що насичують породи-колектори, вони мають хлоркальцієвий і хлоридонатрієвий тип.

Таким чином, пластові води є складними розчинами електролітів, які складаються із трьох і більше компонент. Питомий електричний опір таких розчинів (ρ_v) тим нижчий, чим вища концентрація розчинених у них солей і температура пластової води. Питомий опір для водоносних колекторів $\rho_{вп}$ міоценових, візейських та турнейських відкладів коливається в межах 5-15 Ом·м. Більшість геологічних розрізів, де має місце таке явище, як низькоомність продуктивних порід-колекторів, мають неодноточну глинисту характеристику та складну мінералогічну будову.

Аналіз та узагальнення результатів експериментальних і свердловинних досліджень дозволив встановити, що аномально-низькі питомі електричні опори продуктивних порід міоценових, візейських і турнейських відкладів обумовлені, в основному, насичуючим флюїдом, залишковою водонасиченістю. В окремих випадках має місце електронна провідність матриці породи, яка зумовлена наявністю сульфідів і окислів заліза як у розсіяному вигляді, так і у складі мінералів.

Література

1. Афанасьев В.С., Афанасьев С.В. Новая петрофизическая модель электропроводности терригенной гранулярной породы. – Тверь: НППП “Терс”, 1993.
2. Вендельштейн Б.Ю., Эланский М.М. Влияние адсорбционных свойств породы на зависимость относительного сопротивления от коэффициента пористости // Прикладная геофизика. – М.: Недра, 1964. – Вып. 40. – С. 181-193.
3. Вендельштейн Б.Ю. О связи между параметром пористости, коэффициентом поверхностной проводимости, диффузионно-адсорбционной активностью и адсорбционными свойствами терригенных пород // Труды МИНХ и ГП. – М.: Гостоптехиздат, 1960. – Вып. 31. – С. 16-30.
4. Астоян С.Г., Кропотов О.Н., Топорков В.Г. и др. Методические указания по проведению геофизических исследований поисковых и разведочных скважин в Тюменско-Печорской нефтегазоносной провинции и интерпретации полученных материалов. – Калинин.: ВНИГИК, 1986.
5. Орлов В.Н., Шилина И.К. Нетрадиционные петрофизические модели пород-коллекторов по электропроводности // Геофизика. – 1998. – №5. – С. 29-43.
6. Эланский М.М. Петрофизические связи и комплексная интерпретация данных промысловой геофизики. – М.: Недра, 1978.
7. Эланский М.М., Рынская Г.О., Дмитриева Т.А. Влияние минерализации пластовой воды на остаточную водонасыщенность глинистых терригенных пород. – М. Деп. в ВНИГИ 26.05.1987. №3788-В87.