Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.
География. Геология. Том 5 (71). № 4. 2019 г. С. 219–229.

УДК 550.8.056

ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В КАРБОНАТНЫХ РАЗРЕЗАХ НА ПРИМЕРЕ МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Эльжаев А.С. [1]***, Александров Б.Л.*** [2]***, Окс Л.С.*** [3]***, Эзирбаев Т.Б.*** [1,4]

[1]*Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова*
[2]*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина*
[3]*Кубанский государственный университет*
[4]*Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН*
E-mail: timersno@mail.ru

В статье рассмотрены методические подходы при выделении коллекторов и оценке характера их насыщения по комплексу геофизических и геолого-технологических исследований в сложнопостроенных карбонатных разрезах мезозойских отложений Предкавказья (верхнемеловые и верхнеюрские отложения в Восточном и верхнеюрские отложения в Западном Предкавказье).
Ключевые слова: карбонатные отложения, трещиноватость, кавернозность, нефтегазонасыщение, методы электрометрии, Предкавказье.

ВВЕДЕНИЕ

При бурении поисково-разведочных скважин основными задачами являются выделение коллекторов и определение характера их насыщения.

Выделение коллекторов с вторичной пористостью и оценка характера их насыщения в карбонатных разрезах являются сложными задачами, и поэтому в каждом регионе пытаются решать их самостоятельно с учетом особенностей коллекторов. В Предкавказье накоплен значительный опыт решения этих вопросов особенно при разбуривании в Восточном Предкавказье верхнемеловой карбонатной толщи с трещинно-кавернозным типом коллектора как по геолого-гидродинамическим [11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20], так и по геофизическим [1, 4, 5, 6, 9, 10, 17, 18, 19, 20, 21] данным и верхнеюрской карбонатной толщи в Западном и Восточном Предкавказье [2, 3, 7].

Отложения верхнего мела Восточного Предкавказья представлены относительно мощной (до 600 м) толщей известняков. В разрезе преобладают коллекторы с вторичной пористостью, фильтрационные свойства которых определяются развитой системой тектонических трещин и каверн. Колебание пористости по разрезу от 0,5 до 20% обеспечивает значительное изменение удельных сопротивлений и высокую дифференциацию кривых НГК. Низкая глинистость пород является причиной устойчивости отрицательных амплитуд аномалий ПС, приуроченных к отложениям маастрихтского, сантонского и туронского ярусов, и очень низкими значениями кривой ГК, повышающимися против отложений датского, части кампанского и сеноманского ярусов из-за повышенного содержания в этих породах глинистого материала. Анализ геолого-геофизических особенностей и опыт интерпретации промыслово-геофизических материалов позволяют считать, что в исследуемых породах распространены

трещинные, трещинно-каверновые и трещинно-каверново-поровые коллекторы [11-15, 19, 20].

Глубокозалегающие карбонатные коллекторы юры как Западного, так и Восточного Предкавказья разнообразны по структуре пустот и характеру насыщения. Наряду с плотными беспритоочными породами в строении принимают участие поровые и кавернозно-трещинные коллекторы, насыщенные газом, водой и нефтью. Для известняков и мергелей юрских отложений Предкавказья характерно развитие вторичных процессов в виде перекристаллизации, доломитизации и выщелачивания. В непроницаемых и слабопроницаемых породах карбонатного комплекса распределены биогермы, сложенные биогенными и органогенно-обломочными известняками. Эти породы, наряду с породами с повышенной и укрупненной остаточно-седиментационной пористостью обладают литологической трещиноватостью и являются эффективными поровыми и порово-трещинными коллекторами [2, 3, 7]. Образуемые ими резервуары чаще локальны, гидродинамически изолированы и характеризуются аномально-высокими пластовыми давлениями. В юрских отложениях Предкавказья выделяются и зоны крупных биогерм, к которым приурочены резервуары с повышенной ёмкостью.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выделения преимущественно трещинных коллекторов используются специализированные диагностические признаки и следующие геофизические показатели:

- пониженное (ниже критического) на фоне плотных пород кажущееся сопротивление, фиксируемое на диаграммах БК и БКЗ, необъяснимое увеличением глинистости пород (увеличением J_γ) или блоковой пористости;

- повышенная, по сравнению с интервалами плотных пород, неоднородность диаграмм БК, отражающая вертикальную расчлененность разреза трещиноватыми прослоями. Расчлененность карбонатного разреза количественно характеризуют «коэффициентом средней вертикальной расчлененности объекта»

$$P = \frac{П_{экстр}}{H}, \qquad (1)$$

где $П_{экстр}$ – число экстремумов на диаграмме БК в интервале Н.

Коэффициент Р показывает среднюю частоту чередования слоёв с различной трещиноватостью. Так, например, в скважинах Кошехабльской площади в Западном Предкавказье, давших промышленные притоки газа, он составляет 0.85-1.83, а в разрезах скважин с непромышленными и слабыми притоками 0.27-0.85;

- наличие в пласте вторичной пористости, определяемой как разность между общей ($К_{поб}$) и блоковой ($К_{пбл}$) пористостью $К_{пвт}$= $К_{поб}$ - $К_{пбл}$. Оценки $К_{поб}$ и $К_{пбл}$ по разным геофизическим методам часто расходятся вследствие погрешностей и неодинакового влияния вторичной пористости на различные геофизические параметры. Это приводит к противоречиям в оценках $К_{пвт}$. Для их устранения целесообразно определять $К_{поб}$ как среднеарифметическое между $К_п^{ННК}$, $К_п^{НГК}$, $К_п^{ГГК}$,

а $К_{пбл}$ – как среднеарифметическое между $К_п^{БК}$ и $К_п^{АК}$. Как показывает практика, пласты, слагающие разрез любой карбонатной толщи, характеризуются как положительными, так и отрицательными значениями $К_{пвт}$. Поскольку последние фиктивны, то, в силу закономерной симметрии случайных погрешностей, положительные значения $К_{пвт}$ того же диапазона также могут быть фиктивными. Это подтверждает симметрия распределения $К_{пвт}$ в бесприточных толщах. Таким образом, достоверным показателем наличия вторичной пористости является её величина, количественно превышающая диапазон фиктивных значений, установленный в плотных породах (более 1-1,5 %);

- смещение точек на графиках сопоставления данных электрокаротажа и каротажа пористости (АК, НК, ГГК) в сторону уменьшения сопротивления относительно линии плотных «гранулярных» пород. Разновидностью указанного подхода к выделению трещинных коллекторов является способ, основанный на оценке структурного коэффициента «m» в выражении для относительного сопротивления, определенного путем использования графика сопоставления $\rho_п = f(\Delta T)$ с координатами $\lg\rho_п$, $\lg(\Delta T - \Delta T_{ск})$, построенного в билогарифмическом масштабе (рис.1).

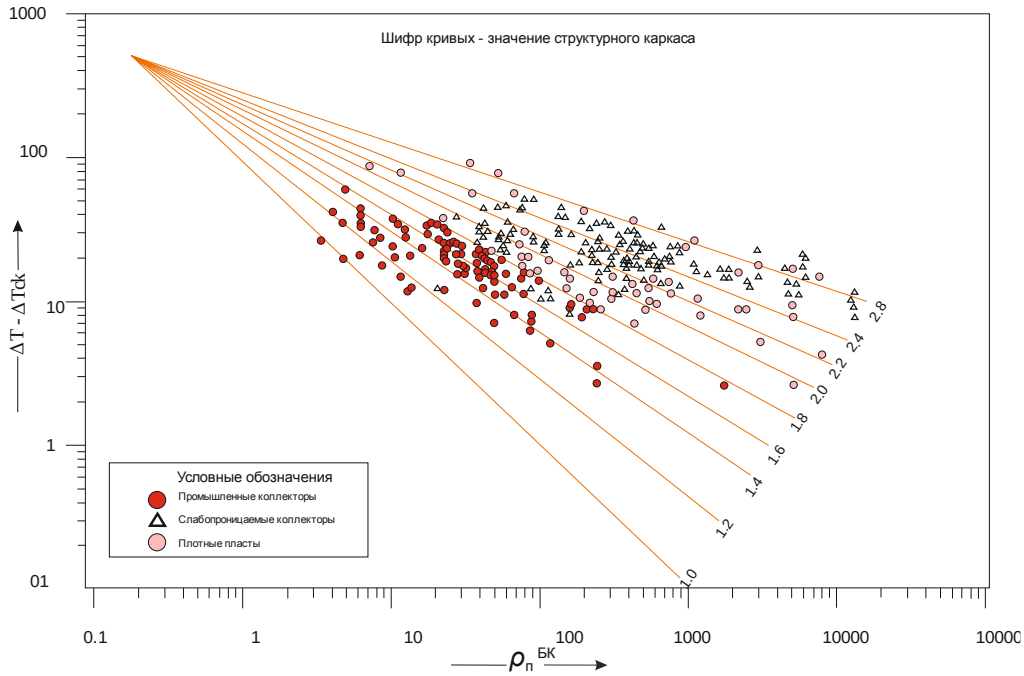

Рис. 1. Сопоставление результатов обработки акустического и электрического каротажа по скв. №2 пл. Хадыженская

Значение «m» при a=1 может быть оценено как тангенс угла наклона прямой линии к оси абсцисс. По расположению фактических точек на графике относительно семейства кривых с различным структурным показателем можно

ориентировочно оценить степень трещиноватости разреза. Анализ данных обработки показывает (рис.1), что значительные притоки флюида соответствуют интервалам с пониженными значениями коэффициента m=1.2-1.6. Интервалы, характеризующиеся значениями структурного коэффициента m= 1.8, соответствуют слабым притокам флюида или отсутствием его при испытании;

- большой объем информации о трещиноватости пород дают нарушения осей синфазности, вплоть до полной потери сигнала, фиксируемые на ФКД по акустическому каротажу. В бесприточных интервалах разреза, а также в интервалах поровых коллекторов существенные нарушения фазовой корреляции не отмечаются.

Приведенная совокупность геофизических показателей не всегда позволяет уверенно и однозначно выделять в разрезе трещинные коллекторы. Поэтому наряду с ними рекомендуется привлекать показатели трещиноватости, реализуемые с помощью геологических, геохимических, геолого-технологических и гидродинамических исследований. Исходные данные для их реализации содержатся в материалах описания кернов и шлифов, газового каротажа, оперативных, суточных и ежечасных геологических сводках и документах станций геолого-технологических исследований (ГТИ), а именно:

- повышенная скорость механического бурения, реализуемая путем построения пометровых диаграмм продолжительности проходки;

- поглощения буровых растворов в процессе бурения и возникающая при интенсивном поглощении потеря циркуляции.

Перспективными для решения задачи выделения нефтегазонасыщенных интервалов среди коллекторов с вторичной пористостью являются временные исследования большими зондами электрометрии и разноглубинные методы электрометрии, том числе боковой каротаж.

Практический опыт применения временных исследований методами электрометрии, особенно в разрезах с высоким электрическим сопротивлением, свидетельствует о целесообразности использования больших зондов (A8M1N, A16M1N, A32M1N). Однако известно, что глубинность обычных градиент-зондов электрометрии существенно зависит от величин сопротивлений пород и соотношения $\rho_п/\rho_с$.

Для обоснованного подхода к срокам проведения первого замера после вскрытия карбонатных трещинных разрезов нами проведены следующие исследования:

- используя сводные палетки БКЗ построены графики зависимости глубины исследования различных зондов (R) от отношения $\rho_п/\rho_с$.

- построены графики зависимости глубины проникновения фильтрата раствора от времени его фильтрации. При этом использовалось гидродинамическое уравнение вытеснения нефти водой при плоскорадиальном потоке жидкости.

Большинство исходных данных принималось исходя из опыта разведки и эксплуатации верхнемеловых карбонатных трещиноватых коллекторов. Толщина глинистой корки принималась равной 0,2 и 0,5 см условно, считая, что на такую глубину возможна закупорка трещин частицами глинистого раствора.

Проницаемость глинистой корки определялась в лабораторных условиях при перепаде давления 1 атм. и температуре 20 ˚С при разной толщине глинистой корки (h) и для h = 0,2см при Δр = 50 атм. и температуре 112 ˚С. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1.

h, см	**t, мин**	**μ, сп**	**Q, см^3**	**Δр, атм.**	**t, ^{O}C**	**S, см^2**	**$К_{пр1}$,млД**
0,2	3	1	300	1	20	44,15	7,5
0,4	9	1	300	1	20	44,15	5
0,8	30	1	28	1	20	44,15	0,28
0,2	18	0,25	4	50	112	23,74	0,00016

Как видно, с увеличением перепада давления и температуры резко снижается проницаемость глинистой корки, асимптотически стремясь к некоторому предельному значению. Вероятно, $К_{пр1}$ = 0,00016 млД является нижним пределом проницаемости глинистой корки в пластовых условиях.

Для пород различного модуля $ρ_п/ρ_с$ глубина исследования зонда A8M1N (R) и время проникновения фильтрата на эту глубину изменяются в следующем соотношении (табл. 2):

Таблица 2.

$ρ_п/ρ_с$	**R, м**	**$К_{пр1}$=0,00016 млД**	**$К_{пр1}$ =0,001 млД**	**$К_{пр1}$=0,01 млД**
10	6	10-240 суток	2-40 суток	1-10 суток
100	2,6	1,5-47 суток	1,2–8 суток	0,2-2 суток
500	1,25	0,4-11 суток	max 2 суток	max 0,5 суток
1000	0,9	0,2-6 суток	max 1 сутки	max 0,25 суток

Для карбонатных пород среднего диапазона сопротивлений (20-200 Ом·м) при $ρ_c^t$ = 0,2-0,4 Ом·м наиболее вероятен диапазон изменения $ρ_п/ρ_с$= 50-1000. Следовательно, для определения сопротивления породы, незатронутой проникновением фильтрата бурового раствора в этих условиях, необходимо проведение первого замера зондом A8M1N не позже 3-5 суток (в среднем) после вскрытия проницаемого пласта. В случае же проведения замеров через каждые 100 м проходки разреза можно ожидать положительный результат только для нижних нескольких десятков метров. Для верхней части разреза эффект будет незначительным или его не будет. Это же подтверждается и данными проведенных временных исследований. В связи с этим, даже в условиях диапазона относительных сопротивлений $ρ_п/ρ_с$= 50-1000 и большего диапазона необходимо применение градиент-зондов большего размера, например, A16M1N или даже A32M1N, глубинность исследования которых соответственно больше. Таким

образом, выполнение указанных условий будет способствовать повышению геологической эффективности геофизических исследований карбонатных разрезов трещинных пород, однако, следует иметь в виду, что чем больше длина зонда, тем менее дифференцируется разрез по сопротивлению за счет осреднения электрических свойств толщи пород, находящихся в пределах этой длины зонда. В связи с этим, применение разноглубинных методов бокового каротажа имеет большие перспективы. Радиальное нарастание КС в газоносных пластах и (менее контрастно) уменьшение КС в водоносных, фиксируются разноглубинным БК. При этом сопоставление показаний малого и большого зондов более информативно, чем среднего и большого (рис.2).

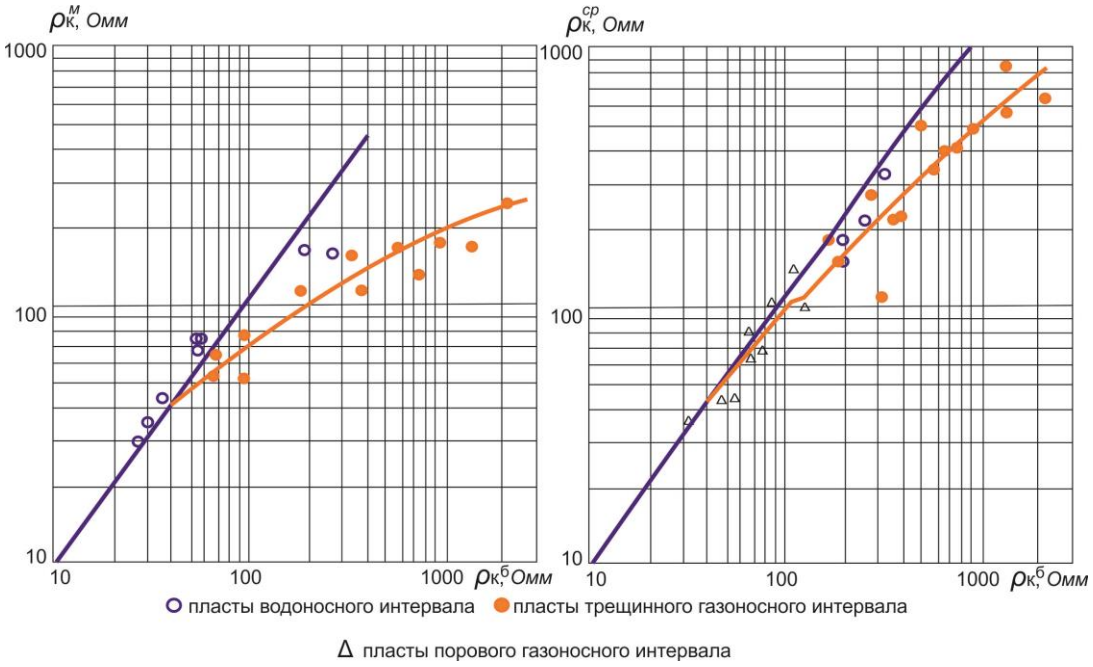

Рис. 2. Сопоставление сопротивлений зарегистрированных разноглубинными замерами БК (Э-9) в карбонатных отложениях юры, скв. №2 пл. Хадыженская

Для выделения газонасыщенных поровых коллекторов в карбонатном разрезе юры используются двумерные дисбалансы пористости: $2\Delta К_п^{ГИС}= К_п^{АК}-К_п^{БК}$, $К_п^{АК}-К_п^{НГК}$, $К_п^{АК}-К_п^{ННК}$, $К_п^{ГГК}-К_п^{БК}$, $К_п^{ГГК}-К_п^{НГК}$, $К_п^{ГГК}-К_п^{ННК}$. Установлено, что наиболее контрастно реагирует на газ дисбаланс пористости $2\Delta К_п^{ГИС}= К_п^{АК}-К_п^{ННК}$, причем в диапазоне изменения $2\Delta К_п^{ГИС} > 4\%$ – вероятность выделения газонасыщенного пласта возрастает до 95-100% (табл. 3, рис. 3, 4)

Таблица 3

Значения «газовых» и «ложных» дисбалансов $К_п$

Дисбалансы	Интервалы газоносных коллекторов		Бесприточные интервалы	
	Пределы вариации,(%)	Средние, (%)	Пределы вариации,(%)	Средние, (%)
$К_п^{АК}$-$К_п^{БК}$	(-2,4)-(+8,2)	+3,9	(-1,7)-(+3,1)	+0,07
$К_п^{АК}$-$К_п^{НГК}$	(-4)-(+11,1)	+3,0	(-2,9)-(+2,4)	-0,05
$К_п^{АК}$-$К_п^{ННК}$	(-2,2)-(+16,3)	+4,0	(-1,3)-(+2,3)	+0,05

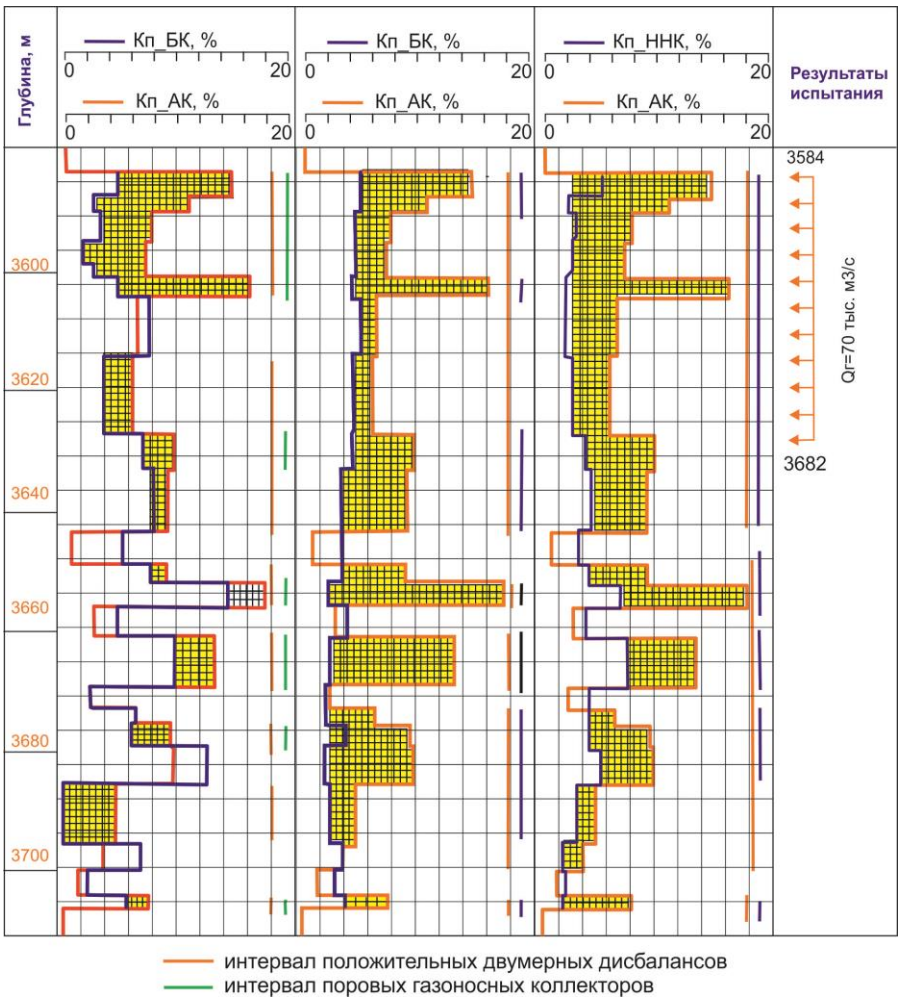

Рис. 3 Диагностика газоносных коллекторов по данным сопоставления диаграмм $Кп^{ГИС}$ в скв. №2 пл. Хадыженская

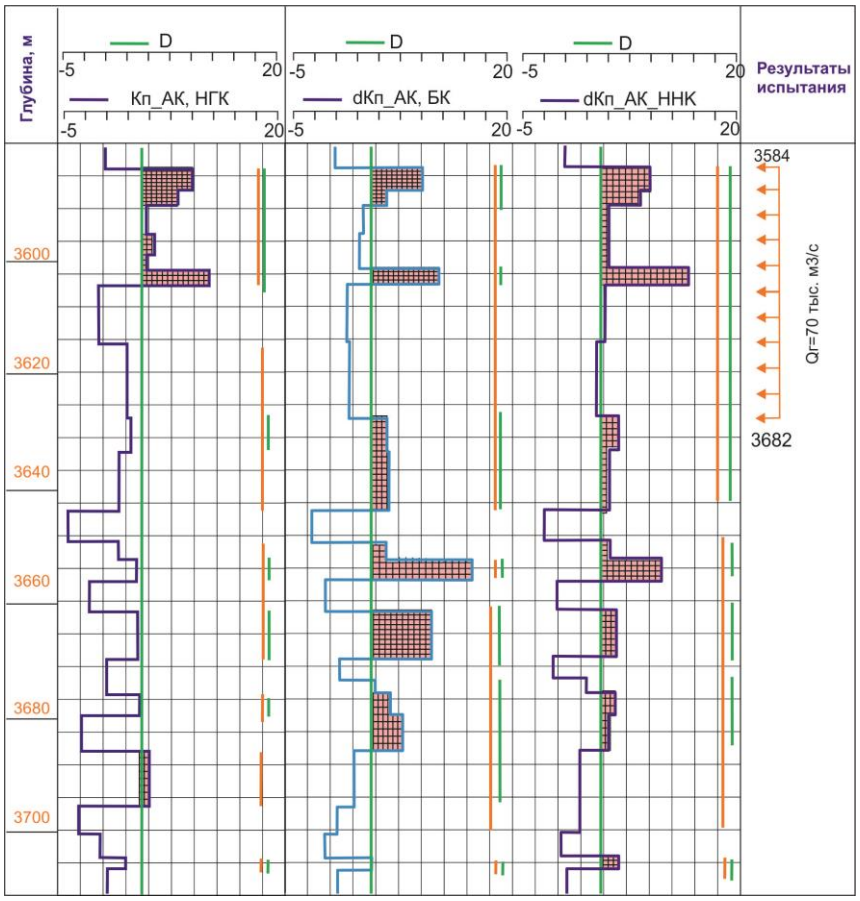

Рис. 4 Диагностика поровых газоносных коллекторов по диаграммам дисбалансов пористости в скв. №2 пл. Хадыженская

ВЫВОДЫ

Разрешающая способность совокупности приведённых диагностических показателей достаточна для выделения всего природного разнообразия коллекторов, определения характера их насыщения и решения задач поисковых и разведочных скважин.

Для повышения достоверности выделения нефтегазонасыщенных коллекторов в мезозойских карбонатных толщах Предкавказья необходимо совместное использование всей имеющейся по скважине и площади геолого-геофизической и прогнозной информации.

Список литературы

1. Александров Б.Л. Изучение карбонатных коллекторов геофизическими методами. М.: Недра, 1979. 199 с.
2. Александров Б.Л. Комплексное изучение юрских отложений Восточного Предкавказья в связи с оценкой их коллекторских свойств и нефтенасыщенности: автореферат дис. канд. геол.-минер. наук: 04.00.12: Грозный, ГНИ,1968. 21с.
3. Александров Б.Л. Коновалов В.И., Житский П.Я., Николенко К.К. Комплексная оценка емкости и нефтеотдачи карбонатных отложений валанжинского яруса месторождения Заманкул // Геология нефти и газа. 1972. №5. С.19-24.
4. Александров Б.Л. Оценка емкостных параметров карбонатных мезозойских пород ЧИАССР на больших глубинах по промыслово-геофизическим данным. Тр. СевКавНИПИнефть, выпуск XIII. Геология и нефтегазоносностьВосточногоПредкавказья. Грозный, 1973, С.300-308.
5. Александров Б.Л. Результаты опробования метода двух растворов в условиях глубоких скважин Передовых хребтов Северо-Восточного Предкавказья. Тр. ГНИ, Грозный, выпуск №29, 1968.
6. Александров, Б.Л. Экспериментальные исследования влияния фильтрации раствора в трещинах на сопротивление карбонатной породы // Нефть и газ. 1973. №6. С.21-25.
7. Алексеев, А.А. Оценка пористости верхнеюрских карбонатных отложений Западного Предкавказья по комплексу ГИС / А.А. Алексеев, Р.И. Клюкина, С.В. Беляев // Научно-технический вестник «Каротажник». Выпуск №1(178). Тверь 2008. С. 40-52.
8. Багов М.С., Цой В.И. Определение трещинной пористости в образцах известняков. Разработка нефтяных месторождений. М., Недра, 1965, С.136-138.
9. Брагина Л.П., Кулигин А.А. Определение средних гармонических сопротивлений по диаграммам каротажа скважин. Материалы изучения мезозойских залежей нефти Восточного Предкавказья. Тр.СевКавНИПИнефти. Грозный.: Гостоптехиздат, 1971, Вып. 10, С.320-325.
10. Брагина Л.П. Приближенный способ оценки коэффициента трещинной пористости пород по данным электрического каротажа скважин. Геология и нефтегазоносность ВосточногоПредкавказья. Тр. СевКавНИПИнефти. Грозный: Гостоптехиздат, 1973, Вып. 13, С. 291-294.
11. Булач М.Х. О трещиноватости меловых отложений Чечено-Ингушской АССР в связи с изучением их коллекторских свойств. Исследование трещиноватых горных пород и их коллекторских свойств. Тр. ВНИГРИ. Л.: Гостоптехиздат, 1961, Вып. 165, С. 89-128.
12. Булач М.Х., Каплан М.Е. Результаты изучения трещиноватости верхнемеловых пород на Северо-Восточном Кавказе. Трещиноватость горных пород и трещинные коллекторы. Тр. ВНИГРИ. Л.: Гостоптехиздат, 1962, Вып. 193, С.30-54.
13. Котяхов Ф.И. Об определении коэффициента трещиноватости пород по кривым восстановления давления в скважинах // Геология нефти и газа. 1962. №6. С. 7-11.
14. Котяхов Ф.И., Серебреников С.А. Оценка определения трещин в коллекторах нефти и газа при помощи глубинного фотографирования // Геология нефти и газа. 1964. №2. С.7-12.
15. Котяхов Ф.И. Методика определения коллекторских свойств горных пород по результатам анализа керна и гидродинамических данных. М.; Недра, 1975, 112с.
16. Тхостов Б.А., Везирова А.Д., Вендельштейн Б.Ю., Добрынин В.М. Нефть в трещинных коллекторах / Под ред. М.Ф.Мирчинка. Л.; 1970, 214с.
17. Нечай А.М. Оценка продуктивности и коллекторских свойств трещиноватых карбонатных пород / Прикладная геофизика. Вып. 26. М.: Гостоптехиздат, 1960, С. 149-185.
18. Нечай А.М. Изучение трещинных коллекторов методами промысловой геофизики / Разведочная геофизика. Вып. 36. М.: Недра, 1969, С. 111-126.
19. Труды Всесоюзного совещания по трещинным коллекторам нефти и газа (Ленинград, 23-27 мая 1960г). Л.: Гостоптехиздат, 1961, 327 с.
20. Труды II Всесоюзного совещания по трещинным коллекторам нефти и газа. М.:Недра, 1965, 505 с.
21. Эйдман И.Е., Финкельштейн Е.Н. К вопросу об определении коллекторских свойств карбонатных пород геофизическими методами / Прикладная геофизика. М.: Недра,1960, Вып. 28, С. 145-153.

POSSIBILITIES FOR DETERMINING PRODUCTIVE COLLECTORS IN CARBONATE SECTIONS ON THE EXAMPLE OF MESOZOIC DEPOSITS OF THE CAUCASUS

***Elzhaev A.S.* [1], *Aleksandrov B.L.* [2], *Oks L.S.* [3], *Ezirbaev T.B.* [1,4]**

[1]***Grozny State Oil Technical University Acad. M.D. Millionschikova***
[2]***Kuban State Agrarian University I.T. Trubilina***
[3]***Kuban State University***
[4]***Integrated Research Institute. H.I. Ibragimova RAS***
E-mail: timersno@mail.ru

The article discusses methodological approaches to the allocation of reservoirs and assessment of the nature of their saturation by a complex of geophysical, geological and technological studies in complex carbonate sections of the Mesozoic sediments of the Ciscaucasia (Upper Cretaceous and Upper Jurassic deposits in the East and Upper Jurassic deposits in the Western Ciscaucasia).
Keywords: carbonate deposits, fracturing, cavernousness, oil and gas saturation, electrometry methods, Ciscaucasia.

References

1. Aleksandrov B.L. Izuchenie karbonatnyh kollektorov geofizicheskimi metodami. M., Nedra, 1979, 199 p.
2. Aleksandrov B.L. Kompleksnoe izuchenie jurskih otlozhenij Vostochnogo Predkavkaz'ja v svjazi s ocenkoj ih kollektorskih svojstv i neftenasyshhennosti: PhD thesis: 04.00.12: Groznyj, GNI,1968, 21p.
3. Aleksandrov B.L. Konovalov V.I., Zhitskij P.Ja., Nikolenko K.K. Kompleksnaja ocenka emkosti i nefteotdachi karbonatnyh otlozhenij valanzhinskogo jarusa mestorozhdenija Zamankul. Geologija nefti i gaza, 1972, no 5, pp.19-24.
4. Aleksandrov B.L. Ocenka emkostnyh parametrov karbonatnyh mezozojskih porod ChIASSR na bol'shih glubinah po promyslovo-geofizicheskim dannym. Tr. SevKavNIPIneft', vypusk XIII. Geologija i neftegazonosnost'VostochnogoPredkavkaz'ja. Groznyj, 1973, pp.300-308.
5. Aleksandrov B.L. Rezul'taty oprobovanija metoda dvuh rastvorov v uslovijah glubokih skvazhin Peredovyh hrebtov Severo-Vostochnogo Predkavkaz'ja. Tr. GNI, Groznyj, vyp. 29, 1968.
6. Aleksandrov, B.L. Jeksperimental'nye issledovanija vlijanija fil'tracii rastvora v treshhinah na soprotivlenie karbonatnoj porody. Neft' i gaz, 1973, no 6, pp.21-25.
7. Alekseev, A.A. Ocenka poristosti verhnejurskih karbonatnyh otlozhenij Zapadnogo Predkavkaz'ja po kompleksu GIS / A.A. Alekseev, R.I. Kljukina, S.V. Beljaev. Nauchno-tehnicheskij vestnik «Karotazhnik», Vyp. No 1(178). Tver' 2008. S. 40-52.
8. Bagov M.S., Coj V.I. Opredelenie treshhinnoj poristosti v obrazcah izvestnjakov. Razrabotka neftjanyh mestorozhdenij. M., Nedra, 1965, S.136-138.
9. Bragina L.P., Kuligin A.A. Opredelenie srednih garmonicheskih soprotivlenij po diagrammam karotazha skvazhin. Materialy izuchenija mezozojskih zalezhej nefti Vostochnogo Predkavkaz'ja. Tr.SevKavNIPInefti. Groznyj.: Gostoptehizdat, 1971, Vyp. 10, S.320-325.
10. Bragina L.P. Priblizhennyj sposob ocenki kojefficienta treshhinnoj poristosti porod po dannym jelektricheskogo karotazha skvazhin. Geologija i neftegazonosnost' VostochnogoPredkavkaz'ja. Tr. SevKavNIPInefti. Groznyj: Gostoptehizdat, 1973, Vyp. 13, S. 291-294.
11. Bulach M.H. O treshhinovatosti melovyh otlozhenij Checheno-Ingushskoj ASSR v svjazi s izucheniem ih kollektorskih svojstv. Issledovanie treshhinovatyh gornyh porod i ih kollektorskih svojstv. Tr. VNIGRI. L.: Gostoptehizdat, 1961, Vyp. 165, S. 89-128.
12. Bulach M.H., Kaplan M.E. Rezul'taty izuchenija treshhinovatosti verhnemelovyh porod na Severo-Vostochnom Kavkaze. Treshhinovatost' gornyh porod i treshhinnye kollektory. Tr. VNIGRI. L.: Gostoptehizdat, 1962, Vyp. 193, S.30-54.

13. Kotjahov F.I. Ob opredelenii kojefficienta treshhinovatosti porod po krivym vosstanovlenija davlenija v skvazhinah // Geologija nefti i gaza. 1962. №6. S. 7-11.
14. Kotjahov F.I., Serebrenikov S.A. Ocenka opredelenija treshhin v kollektorah nefti i gaza pri pomoshhi glubinnogo fotografirovanija // Geologija nefti i gaza. 1964. №2. S.7-12.
15. Kotjahov F.I. Metodika opredelenija kollektorskih svojstv gornyh porod po rezul'tatam analiza kerna i gidrodinamicheskih dannyh. M.; Nedra, 1975, 112s.
16. Thostov B.A., Vezirova A.D., Vendel'shtejn B.Ju., Dobrynin V.M. Neft' v treshhinnyh kollektorah / Pod red. M.F.Mirchinka. L.; 1970, 214s.
17. Nechaj A.M. Ocenka produktivnosti i kollektorskih svojstv treshhinovatyh karbonatnyh porod / Prikladnaja geofizika. Vyp. 26. M.: Gostoptehizdat, 1960, S. 149-185.
18. Nechaj A.M. Izuchenie treshhinnyh kollektorov metodami promyslovoj geofiziki / Razvedochnaja geofizika. Vyp. 36. M.: Nedra, 1969, S. 111-126.
19. Trudy Vsesojuznogo soveshhanija po treshhinnym kollektoram nefti i gaza (Leningrad, 23-27 maja 1960g). L.: Gostoptehizdat, 1961, 327 s.
20. Trudy II Vsesojuznogo soveshhanija po treshhinnym kollektoram nefti i gaza. M.:Nedra, 1965, 505 s.
21. Jejdman I.E., Finkel'shtejn E.N. K voprosu ob opredelenii kollektorskih svojstv karbonatnyh porod geofizicheskimi metodami / Prikladnaja geofizika. M.: Nedra,1960, Vyp. 28, S. 145-153.