

**ВЫДЕЛЕНИЕ КОЛЛЕКТОРОВ
С РАЗНОЙ СТРУКТУРОЙ ЕМКОСТНОГО ПРОСТРАНСТВА
В КАРБОНАТНЫХ АЛЛОХТОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ
ВУКТЫЛЬСКОГО ГКМ
ПО ДАННЫМ ОГРАНИЧЕННОГО КОМПЛЕКСА ГИС**

И.О. Бурханова, И.Ю. Коробов
Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва
e-mail: burhanova_irina@mail.ru

Изучаемые карбонатные отложения аллохтона пермо-карбонового возраста в пределах Вуктыльского газоконденсатного месторождения (ВГКМ) характеризуются сложным вещественным составом, сложной структурой емкостного пространства и многофазным насыщением. Однако, комплекс геофизических исследований в скважинах (ГИС) достаточно ограничен, что снижает достоверность результатов интерпретации.

Комплекс ГИС

Скважины ВГКМ были исследованы в период с 1964 по 2002 гг. Для большинства скважин характерен следующий комплекс промыслово-геофизических исследований:

- стандартный каротаж (СтК);
- кавернометрия (КВ);
- радиоактивный каротаж (РК).

Стандартный каротаж включал запись кривой потенциалов собственной поляризации (ПС), потенциал-зонда (ПЗ) и градиент-зонда (ГЗ).

Практически во всех скважинах выполнен электрический каротаж (ЭК). Примерно в 15% скважин проведено боковое каротажное зондирование (БКЗ) комплектом подошвенных градиент-зондов. Почти половина скважин охарактеризована данными бокового каротажа (БК). Микробоковой каротаж (МБК) проведен только в 5% скважин. В 22% разрезов проведен индукционный каротаж (ИК), разрезы половины скважин охарактеризованы кривыми микрозондов (МЗ).

Записи гамма-каротажа (ГК) и нейтронного-гамма каротажа (НГК) имеются практически во всех скважинах. В 34% скважин проведен акустический каротаж (АК).

Записи двухзондового нейтрон-нейтронного каротажа (2ННК), гамма-гамма плотностного метода (ГГКп) и импульсного нейтрон-нейтронного каротажа (ИННК) выполнены в единичных скважинах.

Выделение коллекторов

В изучаемом разрезе согласно материалам подсчета запасов выделяется несколько типов коллекторов: высокочемкий поровый; низкочемкий порово-трещинный; смешанный, включающий кавернозно-поровый. Исследования керна в 2015 г. показали, что среди поровых коллекторов также выделяются породы с субкапиллярным размером пор (слабопроницаемые).

Поровый коллектор выделяли по принятому при подсчете запасов граничному значению коэффициента пористости K_n , равному 6%, с учетом следующих прямых признаков:

- уменьшенный (по сравнению с номинальным) диаметр скважины (ДС);
- положительные приращения кажущихся значений сопротивлений на кривой микропотенциал-зонда (МПЗ) по сравнению с кривой микроградиент-зонда (МГЗ);
- признаки фильтрации на кривых БК и МБК.

Смешанный коллектор выделяли как поровый, только с увеличенным диаметром скважины.

К порово-трещинному типу коллектора относили породы с K_n от 3 до 6%, если имелся хотя бы один признак фильтрации.

В данной работе был также выделен слабопроницаемый поровый коллектор по граничному значению K_n для поровых коллекторов при отсутствии признаков фильтрации на кривых ГИС. Такой подход аналогичен способу выделения слабопроницаемых поровых коллекторов в пермо-карбонном разрезе Оренбургского НГКМ [1].

Определение состава и общей пористости пород

Изучаемые породы сложены известняками, доломитами и их переходными разновидностями. Встречаются глинистые, ангидритизированные, окремненные породы; некоторые пласты характеризуются терригенными примесями. Пористость пород по ГИС $K_n^{ГИС}$ оценивалась по комплексу акустического (АК) и нейтронного (НК) каротажей либо только по данным НК. Следует, однако, учитывать, что увеличение водородосодержания пород и высокие значения времени прохождения продольной волны в изучаемом разрезе могут быть связаны с присутствием глин и органического вещества (ОВ). К завышенной нейтронной пористости приводит также содержание в породах гипса. Кроме того, значительная часть разреза характеризуется увеличенным диаметром скважины, что приводит к существенному завышению пористости как по данным НК, так и АК. На

показания АК также влияют трещины. Окончательное решение о принадлежности пород в изучаемом интервале к коллекторам принималось в результате комплексной качественной и количественной интерпретации данных ГИС.

Комплекс ГИС, проведенный в скважинах ВГКМ, в большинстве скважин ограничен. Основным методом, по которому определялась пористость пород, являлся НК. Треть разрезов скважин охарактеризована также данными АК; в таких скважинах пористость оценивалась по комплексу НК+АК. Согласно результатам карбонатометрии в изучаемом разрезе преобладают известняки и доломитизированные известняки, поэтому при оценке пористости предполагался кальцито-доломитовый состав матрицы.

Определение нейтронной пористости осуществлялось по методу «двух опорных пластов» [2], при этом контроль достоверности расчетов проводился с учетом имеющихся оценок коэффициентов пористости и химического состава образцов кернa.

Сопоставление данных ГИС с теоретической моделью геофизических свойств пород кальцито-доломитового состава

Упрощенный до двухкомпонентного состав матрицы позволяет оценить состав и общую пористость пород по комплексу двух методов (АК и НК). Для разреза Вуктыльского ГКМ характерна трещиноватость пород, которая влияет на показания акустического каротажа. Однако из-за ограниченности комплекса ГИС данным фактором пренебрегали.

Общая пористость и состав пород рассчитывались с помощью объемной модели (интерпретация данных ГИС проводилась с помощью программного комплекса «Камертон»). Такой способ оценки визуализирован в виде палетки на рис. 1. В табл. 1 приведены характеристики основных породообразующих минералов, а также фильтра промывочной жидкости, использованные при расчетах. Из-за среднего качества каротажа, а также кавернозности ствола скважины при построении палетки учитывались относительные погрешности оценки интервального времени ΔT (5%) и водородосодержания W (5%) [3].

Таблица 1

Величины основных физических параметров компонентов карбонатной породы

<i>Компоненты</i>	<i>Водородо- содержание, %</i>	<i>Интервальное время, мкс/м</i>
Кальцит	0	150
Доломит	2	140
Фильтрат	100	580

Пласты, характеристика которых входит в область между двумя линиями погрешности, считались поровыми. Состав матрицы пластов, расположившихся на палетке выше линии известняков, но ниже верхней линии погрешности, считался кальцитовым, а между линией доломитов и нижней линией погрешности – доломитовым. Пласты, попавшие в область ниже нижней линией погрешности, считались кавернозно-поровыми и относились к смешанному типу коллектора.

Причины, по которым пласты попадали выше верхней линии погрешности, могли быть следующими: трещиноватость, глинизация, присутствие органического вещества. Такие пласты были разделены на 3 группы: глинистые (низкое удельное электрическое сопротивление (УЭС), высокая гамма-активность); породы, насыщенные ОВ (высокое УЭС, высокая гамма-активность); трещиноватые. Для выделения трещиноватых пород пласты с высокими показаниями ГК исключались.

Выделение типов коллекторов в скважинах с ограниченным комплексом ГИС

Результаты интерпретации данных геофизических исследований скважин с широким комплексом (ГК, НГК, АК, БК, МБК) были использованы для обоснования граничного значения УЭС по БК для выделения среди поровых коллекторов слабопроницаемых пород. Для этого были построены распределения величин УЭС по БК для каждого из типов коллекторов (рис. 2а). При построении распределений использовались данные по пластам, расположенным выше газо-водяного контакта.

Распределения УЭС по БК для порового и смешанного типов коллекторов практически одинаковы. Пересечение распределений для порового слабопроницаемого и смешанного типов произошло на уровне 1500 Ом*м, для порового слабопроницаемого и порового типов – на уровне 2200 Ом*м. Граничное значение УЭС по БК было принято как среднее геометрическое этих значений и составило 1800 Ом*м.

С целью оценки эффективности разделения пород на типы по граничному значению УЭС по БК были построены накопленные распределения таким образом, чтобы тип с меньшими абсолютными значениями параметра накапливался слева, а с большими – справа (рис. 2б) [3]. Эффективность разделения невысокая, составляет 67–70%. Так как характер распределений величин коэффициентов пористости по ГИС для всех трех типов практически одинаков (рис. 3), распределения по величинам параметров насыщения не строились.

Заключение

Полученное граничное значение УЭС по БК было использовано при выделении слабопроницаемых коллекторов в скважинах, где отсутствовала запись МБК. Примеры результатов выделения коллекторов разных типов представлены на рис. 4–6.

Следует отметить, что при применении данной методики в группу слабопроницаемых поровых коллекторов могут попасть загипсованные породы. Кроме того, из-за небольшой выборки данных для разработки методики (6 скважин), а также невысокой эффективности разделения пород на типы по данным БК (67–70%), вопрос выделения слабопроницаемого коллектора в скважинах с ограниченным комплексом ГИС требует дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Трифонова М.П.* Уточненная цифровая трехмерная геологическая модель ОНГКМ // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2008, № 9. С. 53–56.
2. *Вендельштейн Б.Ю., Резванов Р.А.* Геофизические методы определения параметров нефтегазовых коллекторов. М.: Недра, 1978. 318 с.
3. *Латышова М.Г., Дьяконова Т.Ф., Цирульников В.П.* Достоверность геофизической и геологической информации при подсчете запасов нефти и газа. М.: Недра, 1986. 121 с..

REFERENCES

1. *Trifonova M.P.* Utochnennaya tsifrovaya trekhmernaya geologicheskaya model' ONGKM // Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse. 2008, № 9. S. 53–56.
2. *Vendel'shteyn B.Yu., Rezvanov R.A.* Geofizicheskie metody opredeleniya parametrov neftegazovykh kollektorov. M.: Nedra, 1978. 318 s.
3. *Latyshova M.G., D'yakonova T.F., Tsirul'nikov V.P.* Dostovernost' geofizicheskoy i geologicheskoy informatsii pri podschete zapasov nefti i gaza. M.: Nedra, 1986. 121 s..

ПРИЛОЖЕНИЕ

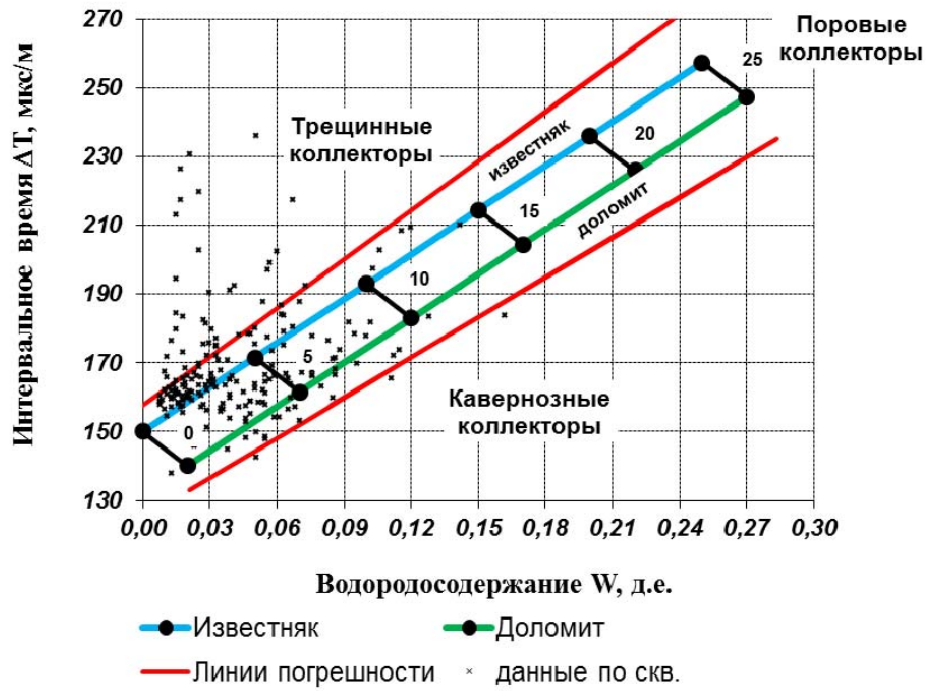
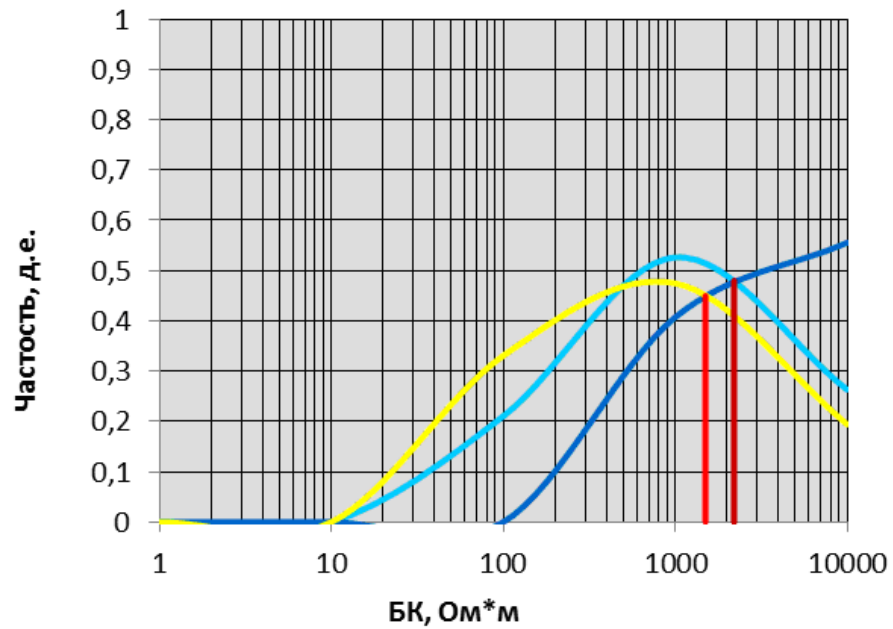
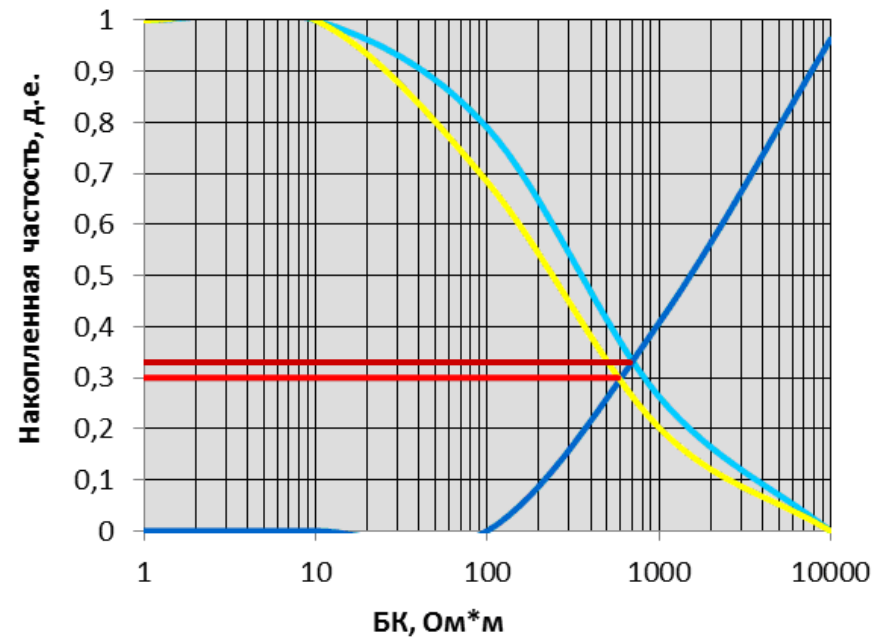


Рис. 1. Палетка для определения содержания кальцита и доломита и коэффициентов пористости в разрезе ВГКМ по комплексу НК + АК. Шифр палетки – пористость (%)



Типы коллекторов:

— Поровые — Поровые-слабопрониц. — Смешанные
 — 1500 Ом*м — 2200 Ом*м



Типы коллекторов:

— Поровые — Поровые-слабопрониц. — Смешанные

Рис. 2. Распределения значений УЭС по БК для пород-коллекторов порового, порового слабопроницаемого и смешанного типов:
 а – оценка граничного значения УЭС; б – оценка эффективности разделения типов

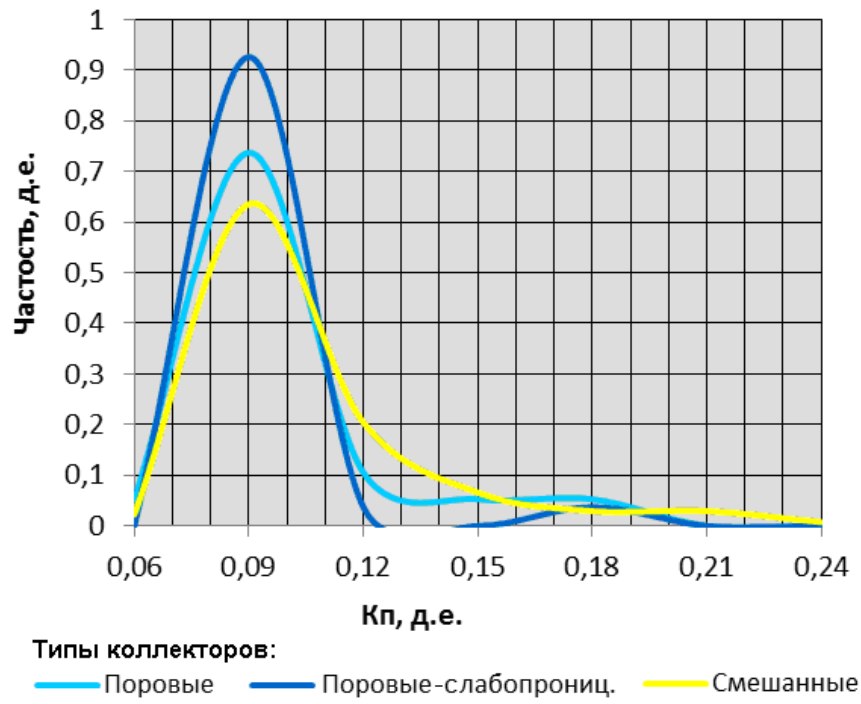
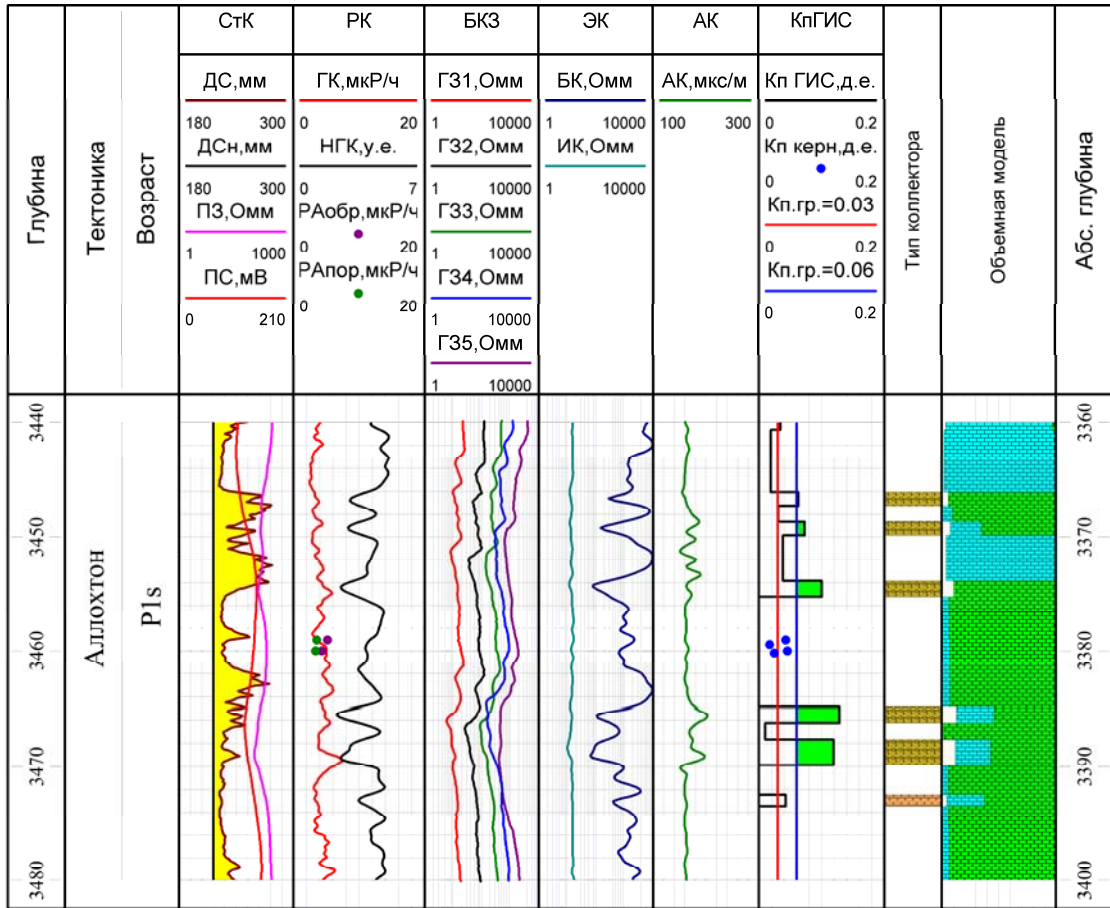
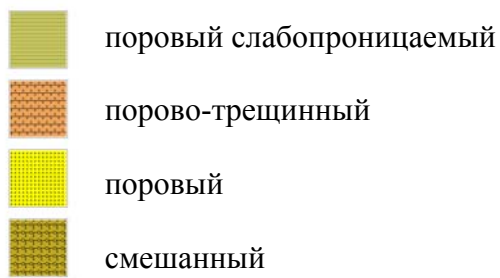


Рис. 3. Распределения значений коэффициентов пористости по ГИС для пород-коллекторов порового, порового слабопроницаемого и смешанного типов



Условные обозначения:

Тип коллектора:



Объемная модель породы:

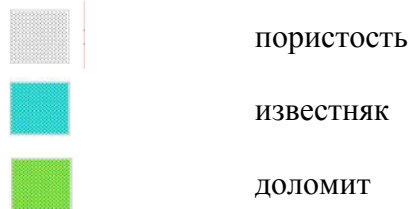
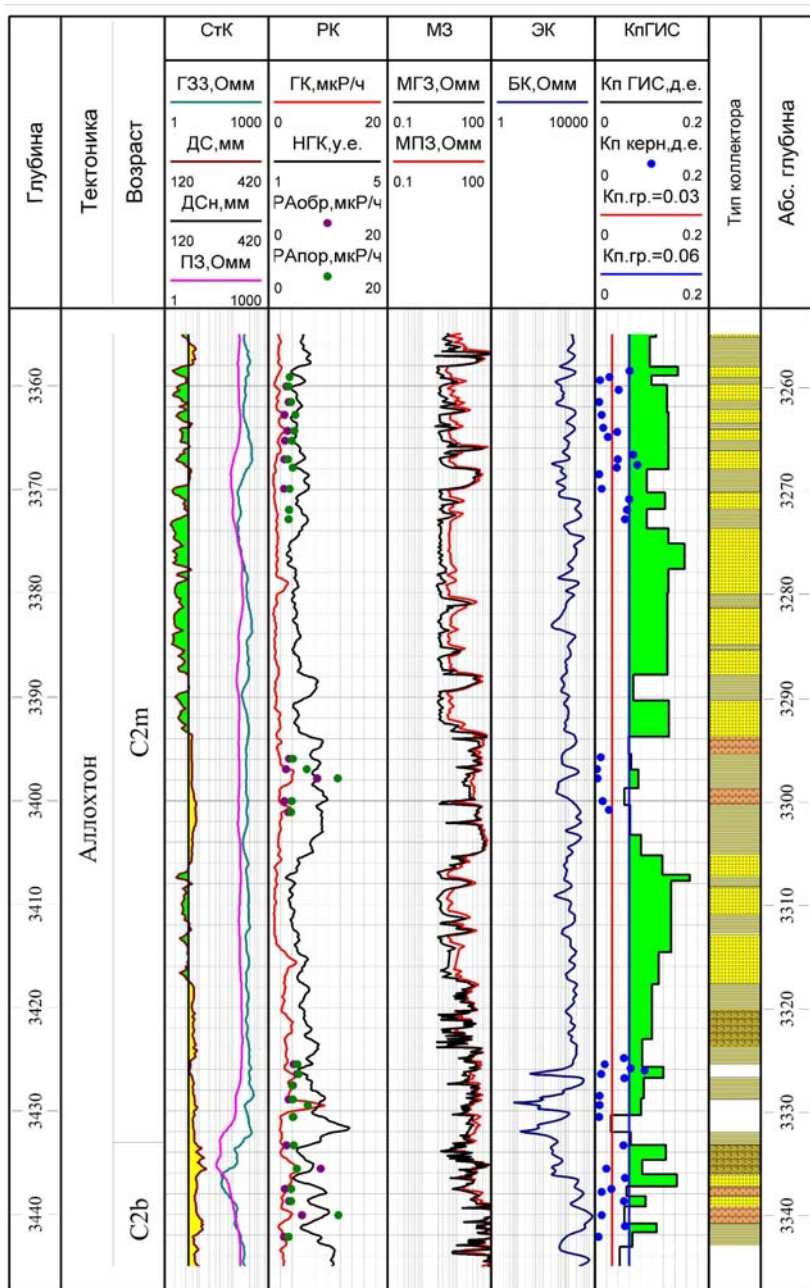
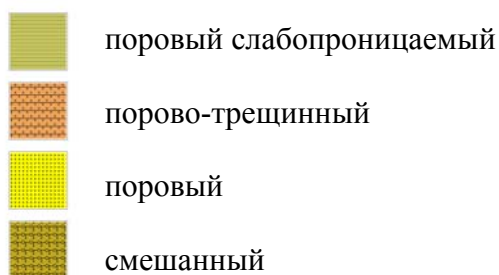


Рис. 4. Пример выделения коллекторов разных типов в скв. А (ВГКМ)



Условные обозначения:

Тип коллектора:



Объемная модель породы:

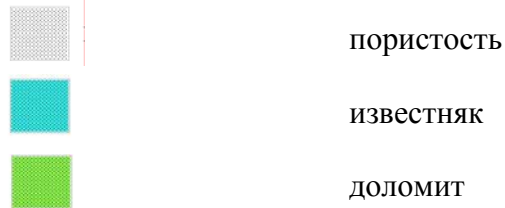
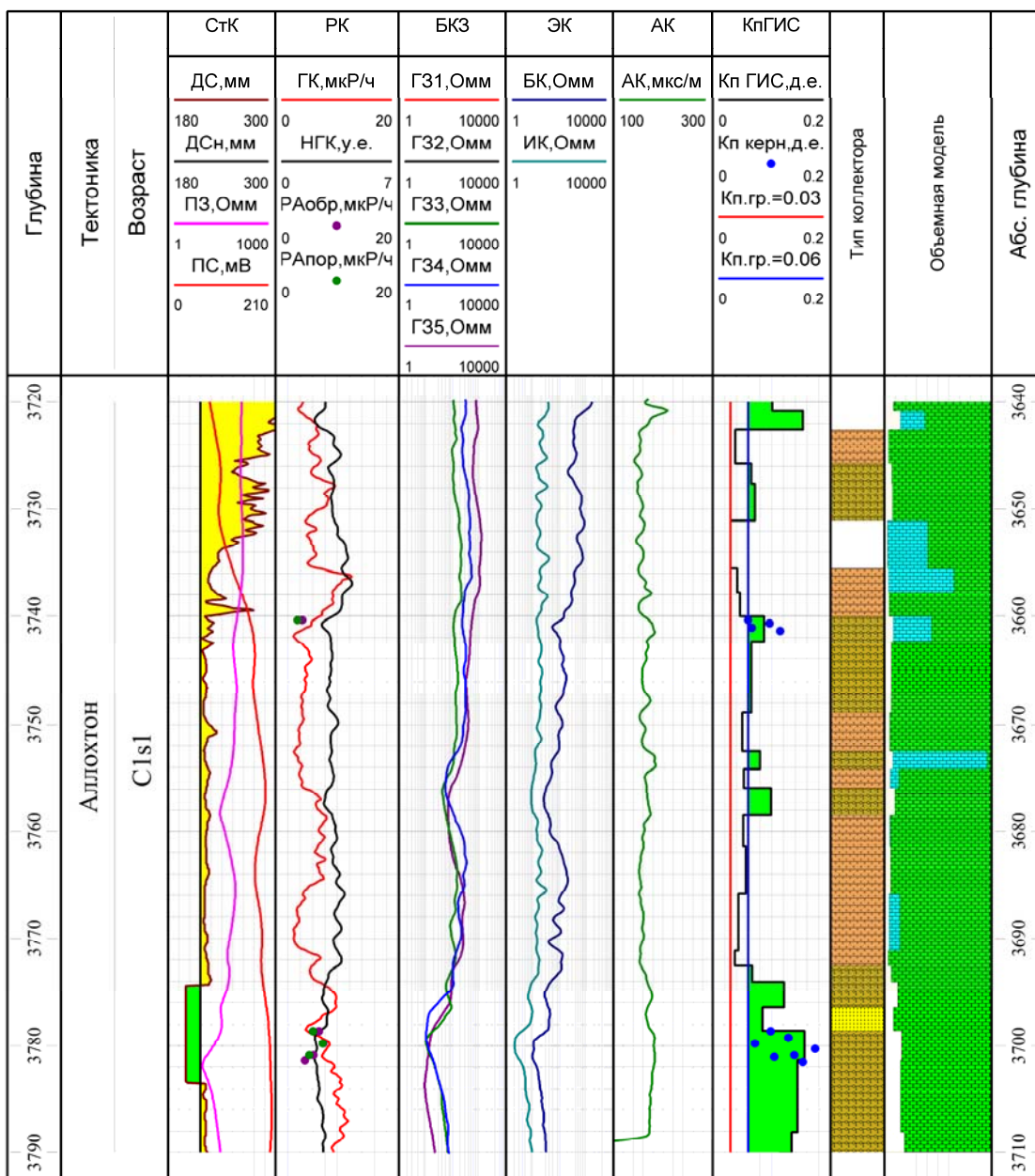


Рис. 5. Пример выделения коллекторов разных типов в скв. Б (ВГКМ)



Условные обозначения:

Тип коллектора:

- поровый слабопроницаемый
- порово-трещинный
- поровый
- смешанный

Объемная модель породы:

- пористость
- известняк
- доломит

Рис. 6. Пример выделения коллекторов разных типов в скв. В (ВГКМ)