

3. Иванов В.Я., Султанов У.Ш., Гильманшин Т. А., Хакимов Ф.Ф., Юлдашбаев А. Ш., Курочкин В.А., Беляев А.А. Новые модификации аппаратуры стационарного нейтронного каротажа для исследования нефтегазовых и рудных скважин // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2005. Вып. 137–138.
4. Хаматдинов Р.Т. и др. Методические указания по проведению нейтронного и гамма-каротажа в нефтяных и газовых скважинах аппаратурой СРК и обработке результатов измерений. Калинин. 1989.

Получена 06.06.06

УДК 550.832

Э. Р. Горохова
ООО "Нефтегазгеофизика"

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСА МЕТОДОВ (АК, ННК-т, ГГК-П) ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИТОЛОГИИ И ПОРИСТОСТИ КИСЛЫХ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОД

Рассмотрены особенности минералогического состава кислых изверженных пород с целью установления возможности выделения различных литологических составляющих разреза и определения коэффициента пористости по комплексу ГИС.

Дююрский комплекс xxxx месторождения представлен изверженными породами в разной степени метаморфизованными, присутствует класс переотложенных пород. По результатам исследований керна образования триаса определены как мощная толща эфузивных пород кислого и реже среднего состава. Это сложный комплекс переслаивания трахириодацитовых лав; кластолов с обилием обломков риодакита, дацита, трахириодакита; лавобрекчий и туфов того же состава. Основная масса сложена минералами кремнезема, полевого шпата и вулканического стекла. Высокая неоднородность пород усугубляется наличием в них вулканических обломков (бомб, лапиллей). Лавобрекчики содержат разуплотненные обломки с наиболее высоки-

ми фильтрационно-емкостными свойствами. Содержание кремнекислоты в описываемых отложениях изменяется от 55 до 75–80%, $K_2O + Na_2O$ – в пределах 5–11%, наблюдается увеличение общей щелочности пород с глубиной. Наличие железа обусловлено составом магм, а также вторичными гидротермальными и метасоматическими процессами. Карбонатность, как правило, невысокая: объемное содержание кальцита не превышает 5–6%, доломита – 2–3%. Глинистые минералы представлены гидрослюдами, наблюдается большое количество трещин, залеченных хлоритом.

Вулканогенная формация xxxx месторождения является результатом многократных палеоизвержений. В зависимости от длительности перерыва между активизацией вулканических процессов образования, находящиеся на древней дневной поверхности, подвергались процессам выветривания и механического разрушения, образуя отличные от материнских горные породы. Кора выветривания в разных участках площади может быть сформирована переотложенными породами в низинах и на склонах гор палеорельефа и выветрелыми породами. В непереотложенных породах в результате процессов выветривания увеличение пористости обусловлено выносом глинистого материала. Свойства переотложенных пород изменяются в зависимости от удаления от источника сноса. При небольших расстояниях переноса превалируют механическое разрушение обломков материнской горной породы и увеличение доли глинистого материала вследствие физического дробления породы. Таким образом, петрофизические характеристики пород изменяются в зависимости от состава изверженного материала, типа отложений (лавовые или пепловые), а также минералогического состава, степени выветривания породы и условий механического переноса.

Сопоставление результатов описания шлифов и данных элементного состава дает представление об исходном составе первоначально излившейся лавы, а также о проходивших в ней процессах метаморфизма. Изменения минералогического состава по данным результатов исследования керна представлены в табл. 1.

Общая глинистость лавовых отложений изменяется от 5 до 14%, глинистые минералы представлены хлоритом. Глинистость пепловых отложений составляет от 19 до 40% и характеризуется появлением гидрослюд.

Таблица 1

Породообразующие минералы, %	Лавовые отложения	Туфы
Гидрослюдя	0,0	0,0–34,0
Хлорит	5,2–14,0	3,8–39,7
Общая глинистость	5,2–14,0	19,8–39,7
Кварц	20,0–30,0	10,6–48,5
К-полевой шпат	31,6–46,5	14,6–35,9
Na-полевой шпат	19,4–29,9	0,0–30,5

Процесс выщелачивания отмечается по всему разрезу, но наиболее активен в высокопористых и проницаемых разностях. Наличие пористости и проницаемости создает благоприятные условия для усиления гидротермально-метасоматических процессов, в результате которых контакт породы с разогретыми и обогащенными сероводородом растворами приводит к развитию на глубине зон сернокислотного выщелачивания [1]. В туфах наблюдаются уменьшение полевошпатовой составляющей и увеличение содержания кварца (табл. 1), возрастает также доля гидрослюды. В слабопроницаемых интервалах разреза, представленных низкопоровыми лавовыми отложениями, результаты гидротермально-метасоматических процессов проявляются значительно слабее.

По данным полевых описаний керна породы представлены трахитами, дацитами, риолитами, андезитами и их переходными разностями. Рассмотрим элементный состав пород, вскрытых разрезами скв. 1 и 2 (табл. 2).

Данные об элементном составе представлены в узком временном геологическом диапазоне и только по двум скважинам. Для проведения обобщений этих сведений недостаточно. Дополнительным источником данных об изменении элементного состава является минеральная плотность, которая теснейшим образом связана с процентным соотношением слагающих породу элементов. Совместный анализ данных полевого описания керна и минеральной плотности позволяет выявить наличие или отсутствие изменений элементного состава отложений различных временных (стратиграфических) интервалов.

Таблица 2

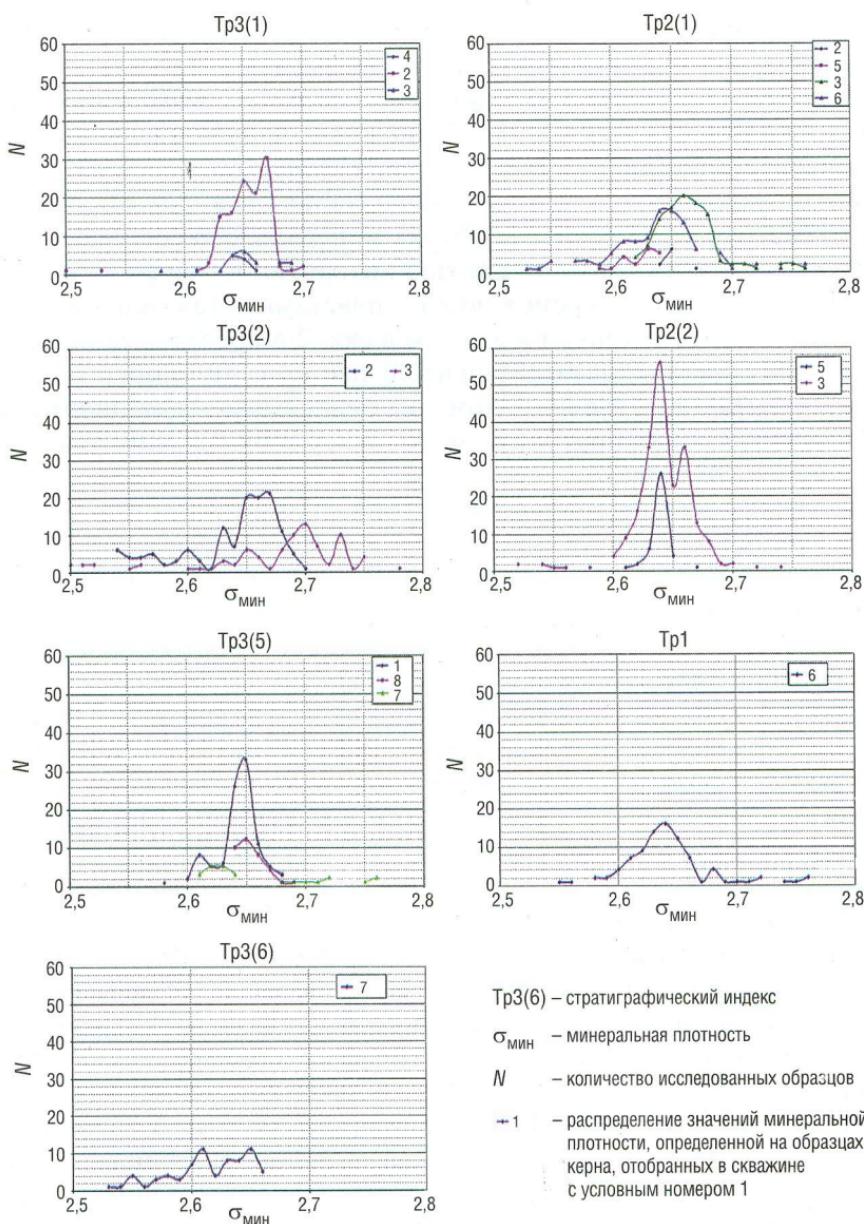
№ скв.	Стратиграфия	Элементный состав (рентгенофлуоресцентный анализ), %									
		Порода (литологиче- ское описание)	Кол-во об- разцов	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃ (Fe*)	SO ₃ (S*)
1	Tр3(5)	Лава (пор- фирит даци- товый, ла- вобрекчия риолита)	18	72,77	11,11	2,36	5,64	0,87	0,12	4,36	0,02
1	Tр3(5)	Туфолова (туфолова риодакти, туфолова риолита, туф риолитовый	28	74,08	10,96	3,05	4,75	0,75	0,21	3,46	0,00
1	Tр3(4)	Лава (трахи- дакит, тра- хириодакит)	3	77,53	10,20	3,20	3,97	1,35	0,01	1,24	0,00
2	Tр3(2)	Лава (трахи- дакит, тра- хириодакит)	4	69,05	11,33	3,11	5,90	0,87	0,23	5,89	0,01
2	Tр3(1)	Лава (трахи- риодакит)	41	68,59	11,95	3,46	5,67	1,41	0,17	5,36	0,01
2	Tр3(1)	Туфы (туф трахириода- цит)	29	65,62	12,32	3,12	5,95	1,96	0,24	5,91	0,02
2	Tр3(1)	Туфолова туф трахида- цит, туф кварцевый латит)	4	66,68	12,28	4,43	4,96	1,56	0,15	6,50	0,00
2	Tр3(1)	Лава (трахи- дакит, тра- хириодакит)	11	66,85	12,09	3,94	5,19	1,75	0,11	6,73	0,06
2	Tр2(1)	Туфы (туфо- лава трахи- риодакита)	3	67,97	12,73	3,56	5,23	1,78	0,14	5,80	0,00
2	Tр2(1)	Лава (трахи- риодакит карбонатизи- рованный)	1	71,20	11,50	4,02	5,60	1,08	0,12	4,80	0,00

На рис. 1 представлены гистограммы распределения минеральной плотности для отложений различных возрастов.

Данные, представленные в табл. 1, 2 и на рис. 1, позволяют сделать несколько выводов: исследуемые отложения представлены породами с незначительным диапазоном изменения элементного состава (рис. 2); отмечается идентичность элементного состава лав и туфов, что, однако, не говорит об идентичности их минерального состава; наблюдается чередование слоев различной литологии в разрезе скважины. Лавовые отложения перемежаются с пластами, сложенными вулканическим пеплом. Причем в скв. 1 и в скв. 2 в пределах единого выделенного объекта стратиграфии наблюдается наличие покрывающих лав. Перемежение лавовых потоков с пепловыми отложениями свидетельствует о наличии нескольких извержений в одну условную временную градацию.

Существующие методики исследования керна позволяют выполнить прямые замеры интервального времени пробега продольной волны $\Delta T_{ск}$, водородосодержания ω , плотности σ . Одним из путей нахождения зависимостей между литотипом породы, пористостью и другими физическими свойствами является выполнение прямых сопоставлений типа керн–керн. Сопоставление и выявление общих закономерностей проводятся для образца между пористостью и $\Delta T_{ск}$ и ω или σ в зависимости от типов пород. К сожалению, в данном случае выполнить прямые сопоставления в полном объеме по данным керна не представляется возможным из-за отсутствия $\Delta T_{ск}$ и ω исследованных образцов. Сопоставление ГИС–керн в данном случае малоэффективно в связи с различием масштабных параметров и высокой дифференцированностью разреза.

Другой подход заключается в моделировании физических свойств породы по совокупности свойств составляющих ее минералов и флюидов. Поскольку наиболее изучено влияние свойств минералов, слагающих породу, на ее акустические и радиоактивные свойства, для определения литологии и пористости используются методы АК, ГГК-П, ННК-Т. На основании данных о физических свойствах и процентном содержании пордообразующих минералов в рамках данного подхода выполняется построение теоретических линий литологий. Сопоставление теоретических и измеряемых геофизических параметров, исправленных за влияние скважины (кросссплотинг), позволяет определить содержание литоло-



Tp3(6) – стратиграфический индекс

$\sigma_{\text{МИН}}$ – минеральная плотность

N – количество исследованных образцов

■ 1 – распределение значений минеральной плотности, определенной на образцах керна, отобранных в скважине с условным номером 1

Рис. 1. Распределение минеральных плотностей образцов керна по 7 скважинам в пределах исследованных временных интервалов доюрского комплекса

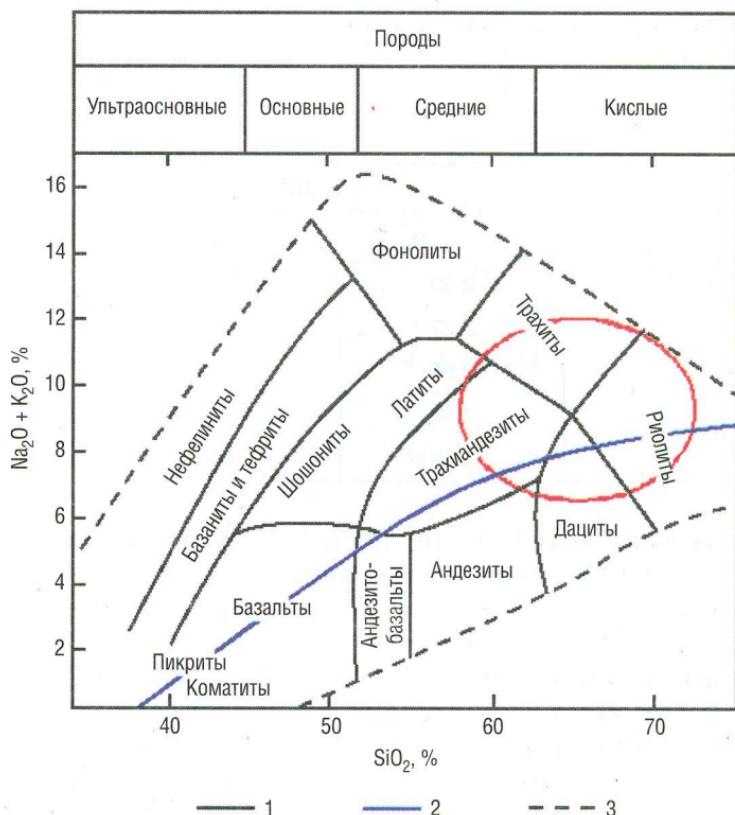


Рис. 2. Номенклатура главных типов вулканических пород в координатах $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ по Cox et al., 1979 г. с дополнениями Т. И. Фроловой:

1 – граница между типами пород; 2 – разделительная линия между породами нормальной щелочности и щелочными (Miyahiro, 1978); 3 – линия, ограничивающая поле существования природных магматических пород.

Красным цветом показана область пород, слагающих исследуемый разрез

гических компонент и коэффициент пористости в терригенных и карбонатных разрезах.

Основными породообразующими минералами исследуемых отложений по данным описания шлифов являются кварц, К- и Na-полевой шпаты (ПШ), а также гидрослюдя и хлорит, которые могут входить в скелет породы и заполнять поровое пространство. Свойства

этих минералов, используемые при кроссплотинге АК–ННК–Т–ГГК–П, приведены в табл. 3.

Таблица 3

	Характеристики		
	$\sigma_{\text{ск}}$, $\text{г}/\text{см}^3$	$\Delta T_{\text{ск}}$, мкС/м	$\omega_{\text{ск}}$, %
Гидрослюдя	2,90	230	13,1
Хлорит	2,72	210	35,4
Кварц	2,65	165	-4
К-ПШ	2,52	167	-3
Na-ПШ	2,59	161	-3

Для выяснения возможности проведения литологического расчленения изучаемого разреза на основании вышеизложенного необходимо сопоставить диапазон изменения минерального состава и связанное с этим изменение физических свойств пород. В табл. 4 приведено содержание основных пордообразующих минералов: в лавах с максимальным процентом хлорита, кварца, ортоклаза, альбита, а также туфов с минимальным и максимальным процентом гидрослюды и хлорита. В данной таблице представлен весь диапазон изменения минерального состава в скв. 2. На основании данных табл. 3 были рассчитаны минералогические константы, которые также приведены в табл. 4. Зависимости физических свойств указанных литологических разностей от коэффициента пористости и результаты скважинных измерений показаны на рис. 3 различными цветами. Определение принадлежности выделенных интервалов к литологическому типу проводилось по полевому описанию керна.

Кроссплоты ГГК–П–ННК–Т, АК–ННК–Т, АК–ГГК–П (рис. 3) позволяют сделать три вывода: совпадение результатов теоретического моделирования с фактическими значениями указывает на правомерность использования минералогического подхода к изучению данных отложений; изменения физических свойств пород, связанные с вариациями минерального состава, незначительны, поэтому выделение различных литотипов невозможно; отмечается увеличение пористости туфов по отношению к лавовым отложениям.

Таблица 4

Литолого-генные разности	Содержание основных пордообразующих минералов					Минералогические константы		
	Гидрослюды	Хлорит	Кварц	К-ПШ	На-ПШ	$\sigma_{ск}$	$\Delta T_{ск}$	$\omega_{ск}$
Трахириоди-датит-хлорит	0,0	14,0	24,1	37,9	24,0	2,60	171	2,14
Трахириоди-датит-кварц	0,0	9,7	30,0	40,8	19,4	2,59	169	0,43
Трахириоди-датит-ортоклаз	0,0	5,4	24,7	46,5	23,4	2,58	167	-1,17
Трахириоди-датит-альбит	0,0	7,9	25,4	36,8	29,9	2,58	168	-0,51
Туф – без гидрослюды	0,0	15,9	41,5	29,6	13,0	2,61	172	2,69
Туф хлоритизированный	8,0	35,0	11,5	31,4	14,1	2,65	171	12,5
Туф гидрослюдистый	34,0	7,5	13,0	15,0	30,5	2,70	189	5,38

В соответствии с полевым описанием керна в изученном разрезе выделяются интервалы лав, туфов, а также некоторых переходных разностей, которые описаны как “туфы, скементированные лавами”, “лавы с включением туфового материала”. Сложность разделения лавовой и пепловой составляющих отложений связана с особенностями их образования. Туфы образуются из частиц раскаленного стеклянного песка, обломков пемзы и вулканического стекла, образующихся при выделении газов из магмы [2]. Наличие переходных разностей между лавами и туфами объясняется как выпадением пеплового материала одновременно с изливом лавы, так и частичным включе-

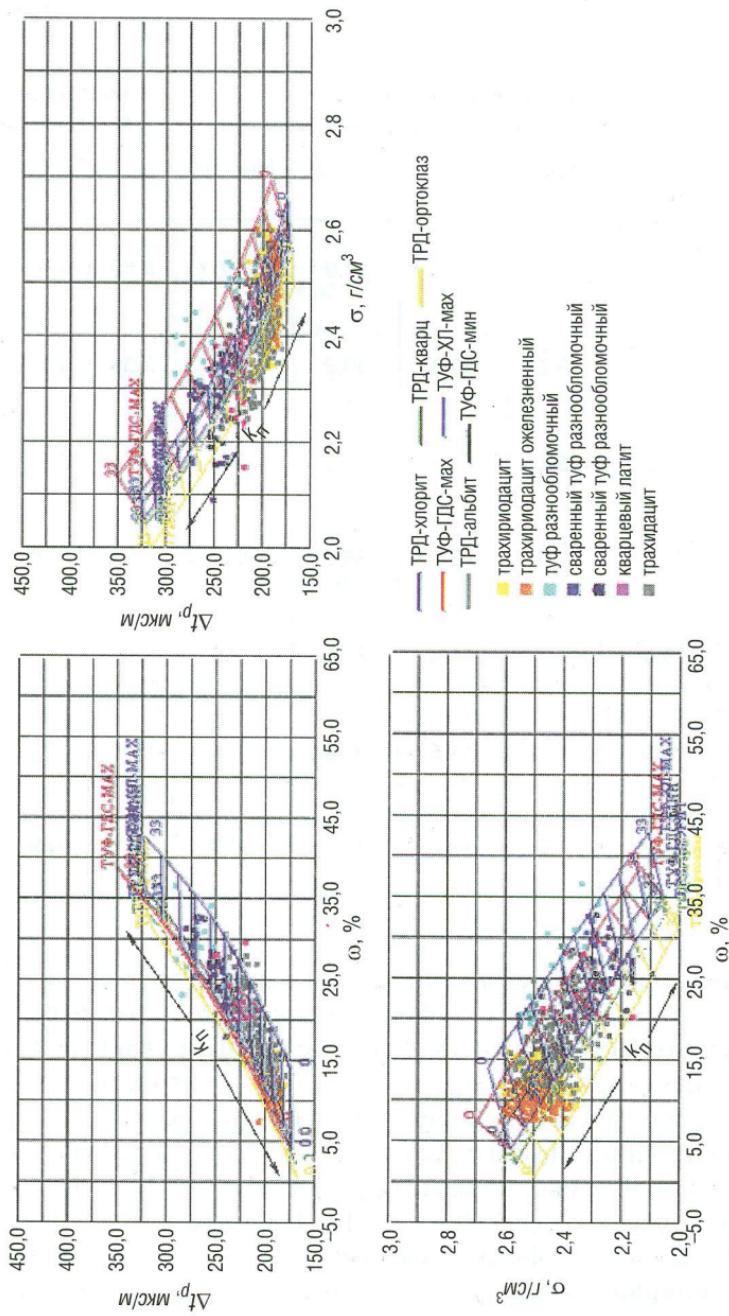


Рис. 3. Выделение литологических разностей по данным ГИС

нием ранее отложенных туфов в состав лав при извержении. “Сваренные туфы” – ингимбриты образуются в результате сплющивания вулканического стекла, которое может течь, как пластичная масса, под влиянием нагрузок. При метаморфизме их структура стирается, и появляются отложения, неотличимые от богатых кремнеземом порфиры риолитовых, дацитовых и др. – ингимбритовые порфиры (туфоловы) [3]. Как видно из рис. 3, лавовые и туфовые отложения занимают смежные облака точек, отмечается наличие пород, которые в равной мере могут быть отнесены как к туфам в лавовом цементе, так и к лавам с включением туфового материала.

Вернемся к данным, представленным в табл. 1. Основными поро-дообразующими минералами, согласно рентгенофлюoresцентному анализу, являются кварц, калиевые и натриевые полевые шпаты, гидрослюдя и хлорит. По данным описания шлифов, скелет породы состоит из полевых шпатов и кварца. Глинистые минералы заполняют поровое пространство породы. В зависимости от типа глинистого минерала они занимают различное положение в поровом пространстве: например, гидрослюдя развивается по кристаллам полевого шпата, хлорит залечивает трещины [5]. Изменение состава глинистых минералов вследствие различной сорбционной активности, а также занимаемого положения в поровом пространстве породы, приводит к изменению фильтрационных свойств. Определение процентного содержания в общей массе породы гидрослюды и хлорита позволяет оценить влияние глинистых минералов на фильтрационно-емкостные свойства породы. Определять отдельно объемное содержание кварца и полевых шпатов не является целесообразным в связи со слабым влиянием изменения их доли в скелете породы на фильтрационные свойства породы. Результирующая минералогическая модель представлена на рис. 5. Согласно материалам в табл. 1, предложенную модель можно использовать при определении пористости и глинистости вулканогенных и вулканокластических отложений. Данные определения объемной доли глинистых минералов и пористости породы позволяют провести условное расчленение на пепловые и лавовые отложения.

Отдельным вопросом является возможность использования данной модели в переотложенных породах коры выветривания. При выветривании образование емкостного пространства сопровождается выносом калия [4]. Содержание калия в этом случае уменьшается,

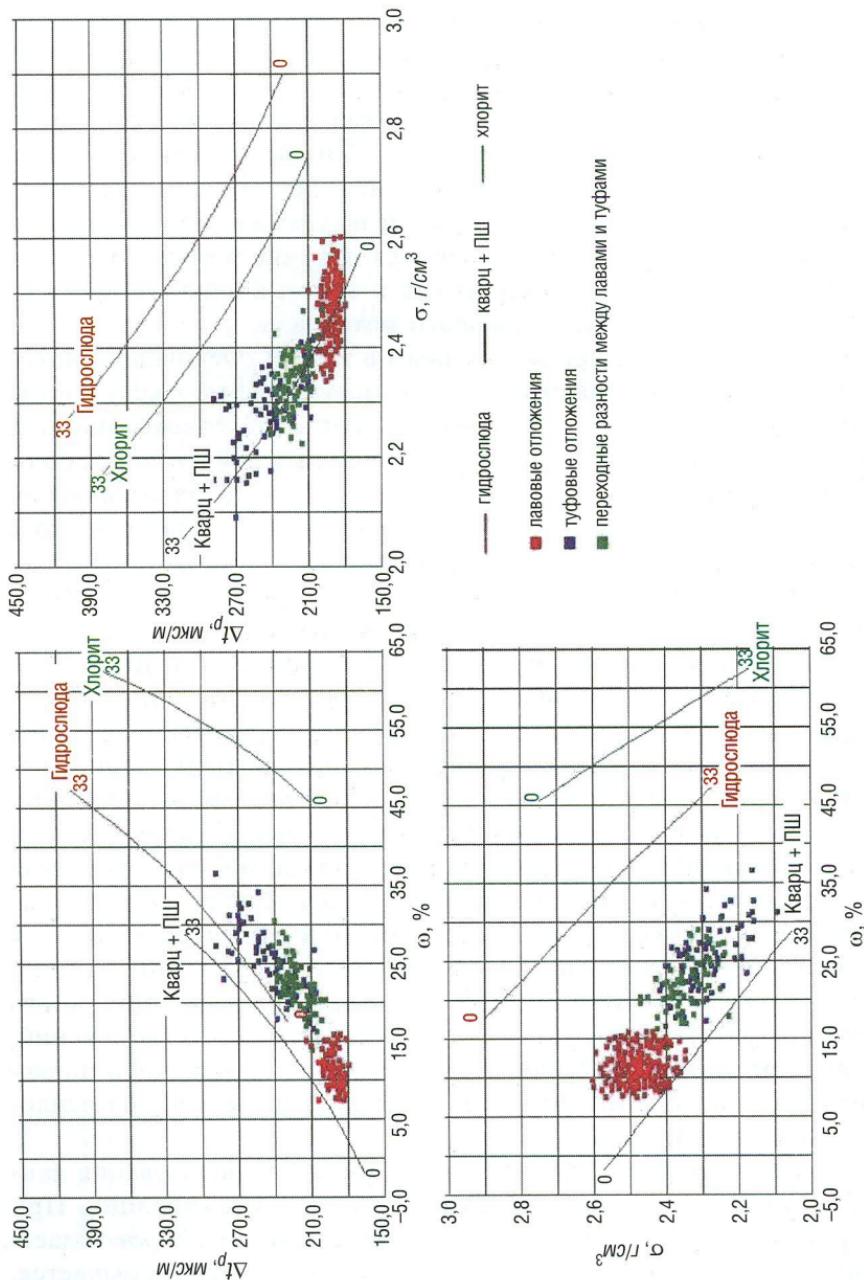


Рис. 4. Выделение лавовых и туфовых отложений по данным ГИС

а суммарное водородосодержание растет, поэтому разделение пород на выветрелые и переотложенные производилось по сопоставлению гамма-спектрометрии и нейtron-нейtronного метода. На физические свойства и минеральный состав переотложенных пород сильное влияние оказывают удаленность от источника сноса и условия мотогенеза, поэтому теоретическое моделирование для отложений коры выветривания является самостоятельной задачей.

На рис. 5 представлены результаты обработки ГИС и керна по скв. 2. В рассматриваемых отложениях, кроме минералов, составляющих скелет породы, то есть кварца и полевых шпатов, присутствуют цветные минералы – гидрослюдя и хлорит, выполняющие поровое пространство. Проанализировав результаты расчета объемной модели, можно сделать следующие выводы: в интервалах вскрытия лавовых отложений среди цветных минералов наблюдается преобладание хлорита; в туфовых отложениях отмечается увеличение пористости и появление наряду с хлоритом гидрослюды. Это вполне соответствует сделанному выше анализу исследований керна данных отложений. Пористость, рассчитанная по данным ГИС с использованием предложенной модели, подтверждается пористостью по керну. Наблюдаются также сходимость объемного содержания рассчитанных компонент кварц-полевошпатовой составляющей, гидрослюды и хлорита с данными рентгенофлюoresцентного анализа. Описанная выше минералогическая модель была опробована на 10 скважинах xxxx месторождения, по 7 скважинам проведено сопоставление коэффициента пористости, рассчитанного по ГИС и керну. Результаты сопоставления приведены на рис. 6, где различным цветом отмечены точки, принадлежащие интервалам туфов, лав и переотложенных пород. Согласно представленным данным, модель “кварц+ПШ – гидрослюдя – хлорит” не может быть применена для переотложенных пород.

На основе анализа данных керна по 7 скважинам и данных ГИС по 10 скважинам сделаны следующие выводы:

1. Для исследуемых отложений использование минералогического моделирования физических свойств пород является правомерным.
2. По макроописаниям керна и показаниям методов ГИС выделение лавовых и туфовых отложений может быть только условным.
3. В зоне коры выветривания необходимо привлекать комплекс “ННК-Т-СГК” для выделения выветрелых и переотложенных пород.

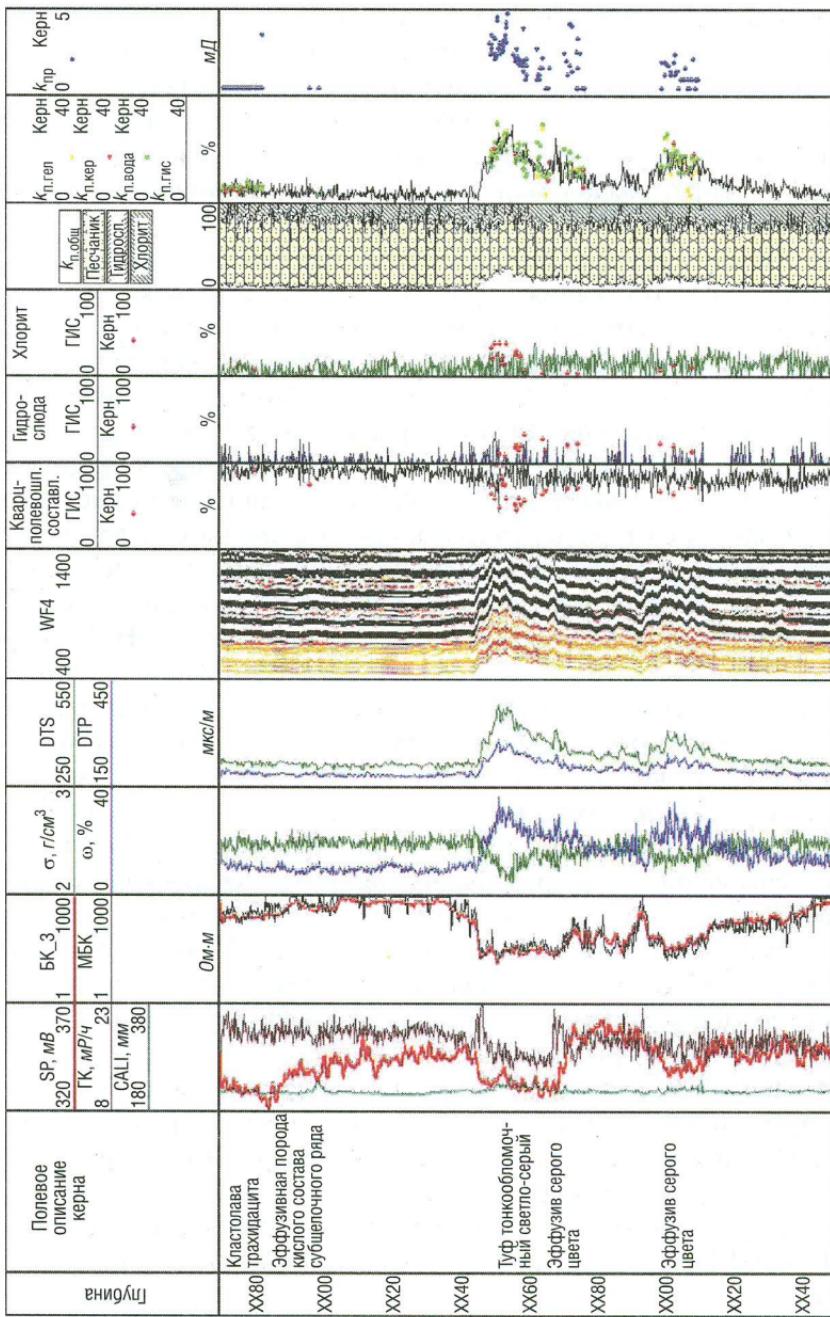


Рис. 5. Сопоставление результатов обработки данных ГИС и керновых исследований по скв. 2

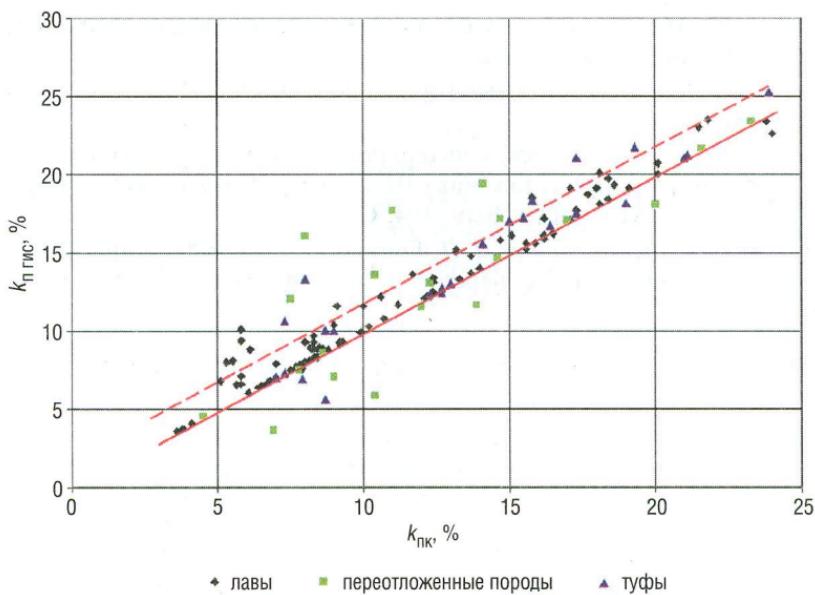


Рис. 6. Сопоставление коэффициентов пористости, полученных при обработке данных ГИС и определенных на образцах керна

4. Минералогическая модель “кварц+ПШ – гидрослюд – хлорит” может применяться с целью определения пористости и оценки объемного содержания минералов для Тр1 – Тр3(6), а также выветрелых пород кор выветривания, образованных в эти условные времена.
5. “Минералогическое” расчленение разреза и проводимый в его рамках расчет пористости позволяют достичь приемлемой точности определения пористости и содержания минералогических компонент, что подтверждается данными керновых исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басков Б. Н., Кожевников С. В., Дудин В. В., Коробов А. Д., Букина Т. Ф., Кузнецов А. Я., Куликов В. В. Проблемы развития комплексной геологической интерпретации ГИС и ГТИ и результаты ее применения при решении задачи поиска нетрадиционных ловушек нефти и газа в доюрском комплексе Западной Сибири // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2003. Вып. 103. С. 77.

2. Васильев Ю. М., Мильничук В. С., Арабаджи М. С. Общая и историческая геология. М.: Недра, 1977. 471 с.
3. Заварницкий А. И. Изверженные горные породы. М.: Изд. Академии наук СССР. 1956.
4. Кузьмин Ю. А. Геологическая интерпретация метода скважинной гамма-спектрометрии в юрских отложениях Шаймского района // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2003. Вып. 104. С. 52.
5. Саркисян С. Г., Котельников Д. Д. Глинистые минералы и проблемы нефтегазовой геологии. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Недра, 1980. 231 с.

Получена 03.07.06

УДК 550.832

В. Я. Купер, М. Г. Рубцов

НТЦ "ГеоПАЛС"

Е. Ф. Хозинский

ОАО "Красноярское УГР"

В. П. Метелев

ЗАО "Красноярнефтегеофизика"

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ТЕРМОКОНДУКТИВНОЙ РАСХОДОМЕТРИИ

В основе рассмотренных методов лежит применение миниатюрных термисторов в измерительных преобразователях температур среды и термоанемометра, а также использование оригинального способа измерения скорости потока с квазипостоянным перегревом термоанемометра. На основе экспериментальных данных выбрана математическая модель термоанемометра и показана возможность измерения расхода с погрешностью (2–5)% в широком диапазоне расходов и температур.

Основными достоинствами термокондуктивного метода являются возможность проведения исследований в различных средах, широкий диапазон измеряемых скоростей потока, простота технической реализации и отсутствие подвижных частей.