



Комплексное определение литологии



Э. Станден

Курс переподготовки NExT



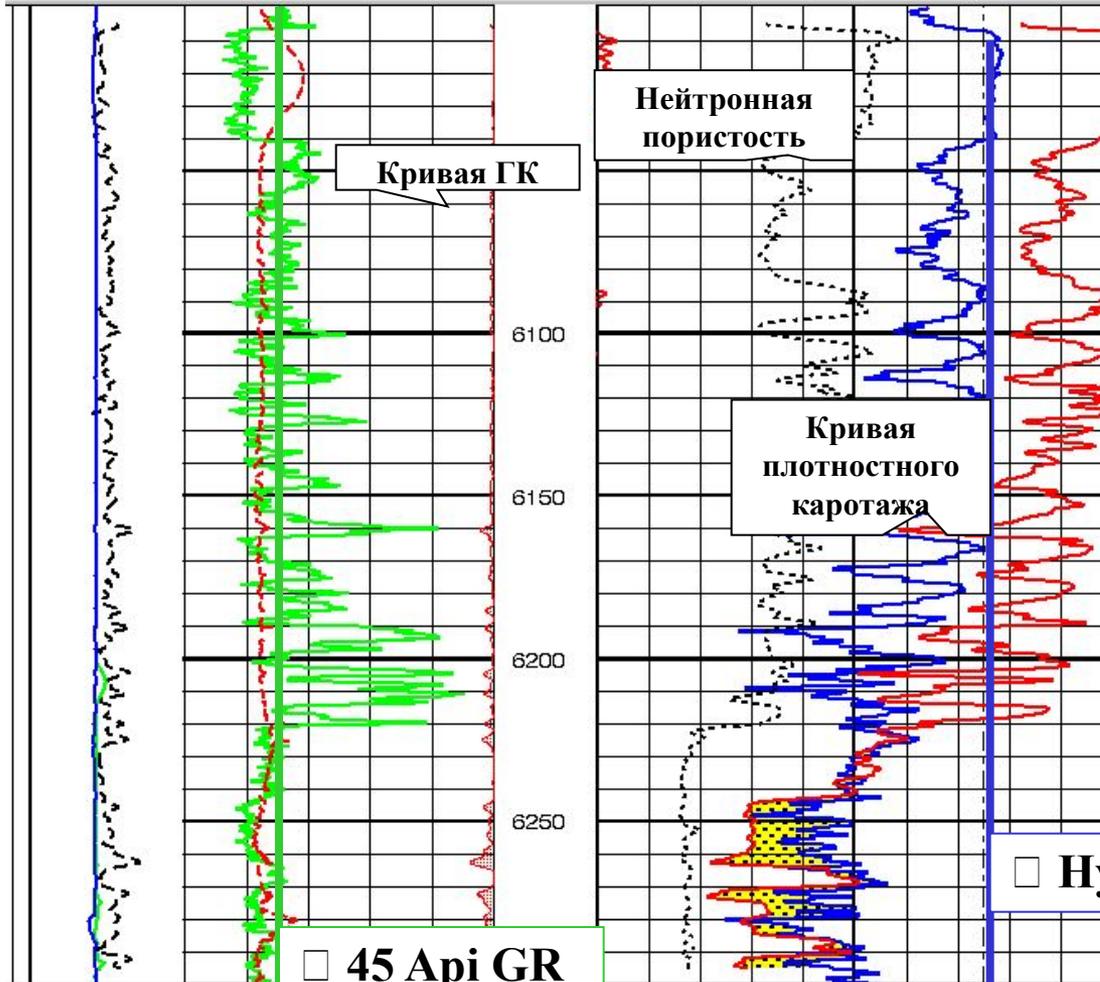
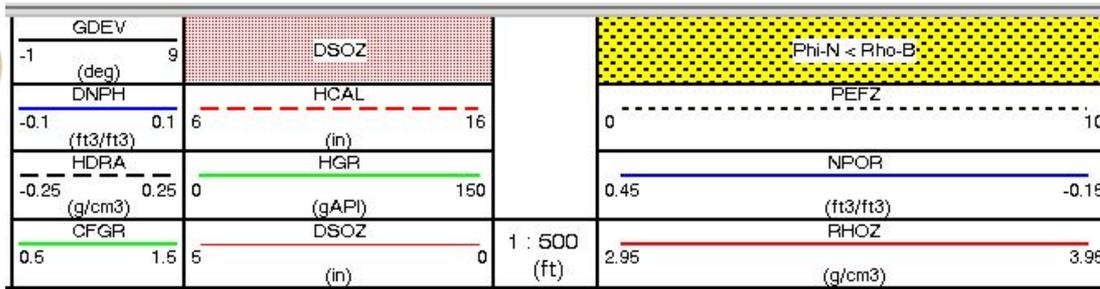
Комплексное определение литологии

- **Карбонаты**
 - Кальцито-доломитовые разности
 - Системы двойной пористости
 - Нестандартные процессы цементации
 - Диагенетические изменения
- **Смешанные литологические разности**
 - Смешанные обломочно-карбонатные разности
 - Каналы приливно-отливной обстановки – смешанная минералогия и типы глин
- **Тонкослоистые отложения**
 - Разрешающие способности для литологии, пористости удельного сопротивления и водонасыщенности
- **Трещиноватые коллекторы**
 - Трудность измерения распределений и влияния на продуктивность
 - Стандартные каротажные приборы часто не чувствительны к трещинам и сильно подвержены влиянию скважинных условий.



Определение литологии по кросс-плотам

- **Нейтронно – плотностной кросс-плот**
- **Нейтронно – акустический кросс-плот**
- **Акустико – Плотностной кросс-плот**
- **Расчет ρ_{th} , Δt_{ma} & U_{ma}**
- **(M-N плот) – матрицы и варианты**
- **Литолого – плотностной кросс-плот.**



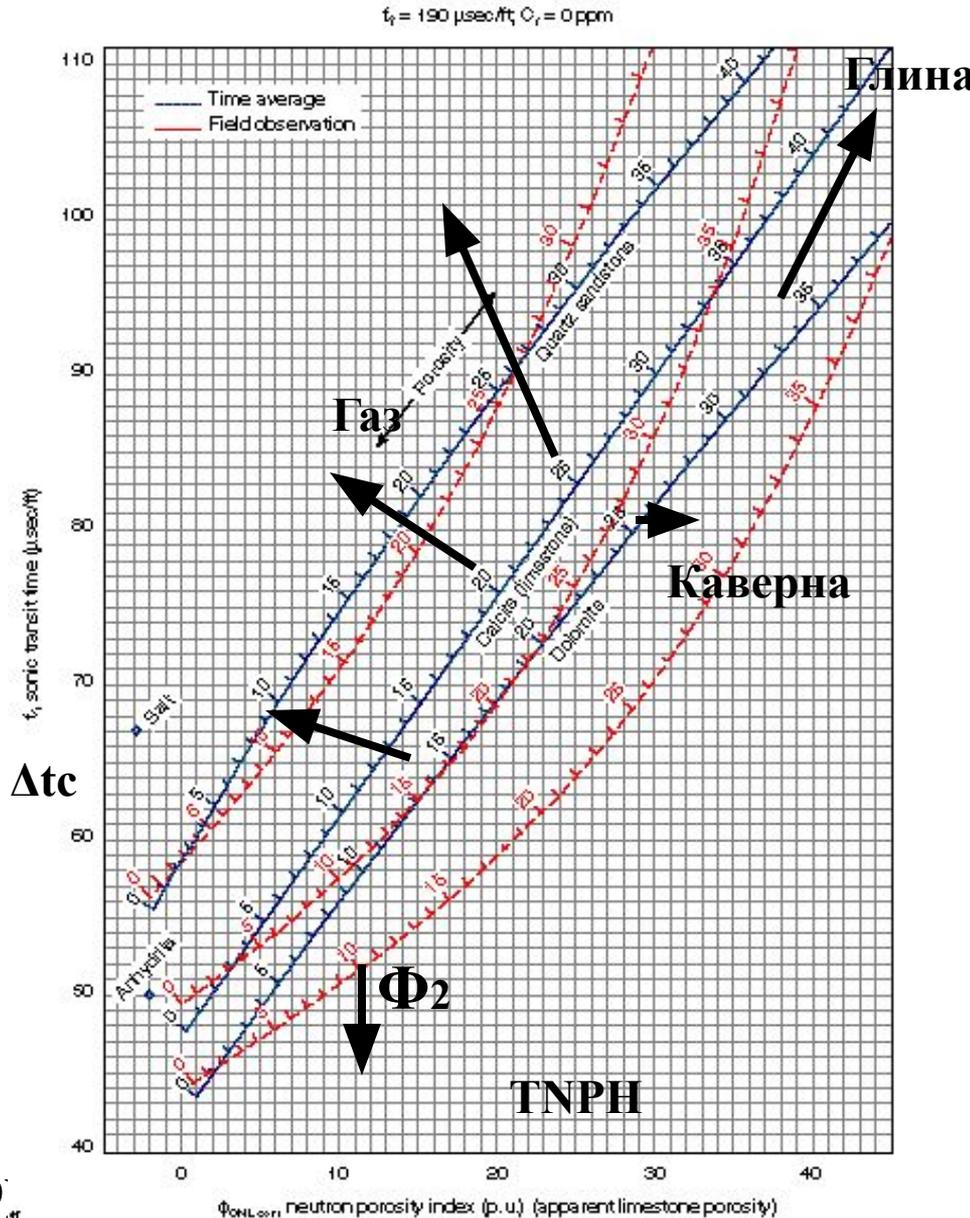
Пример комплексного определения ЛИТОЛОГИИ

Одновременный просмотр кривых нейтронного и радиоактивного каротажа Ре (селективный гамма-гамма каротаж) поможет определить литологию. По кроссплоту плотностного и нейтронного методов определяется общая пористость.

Schlumberger Private



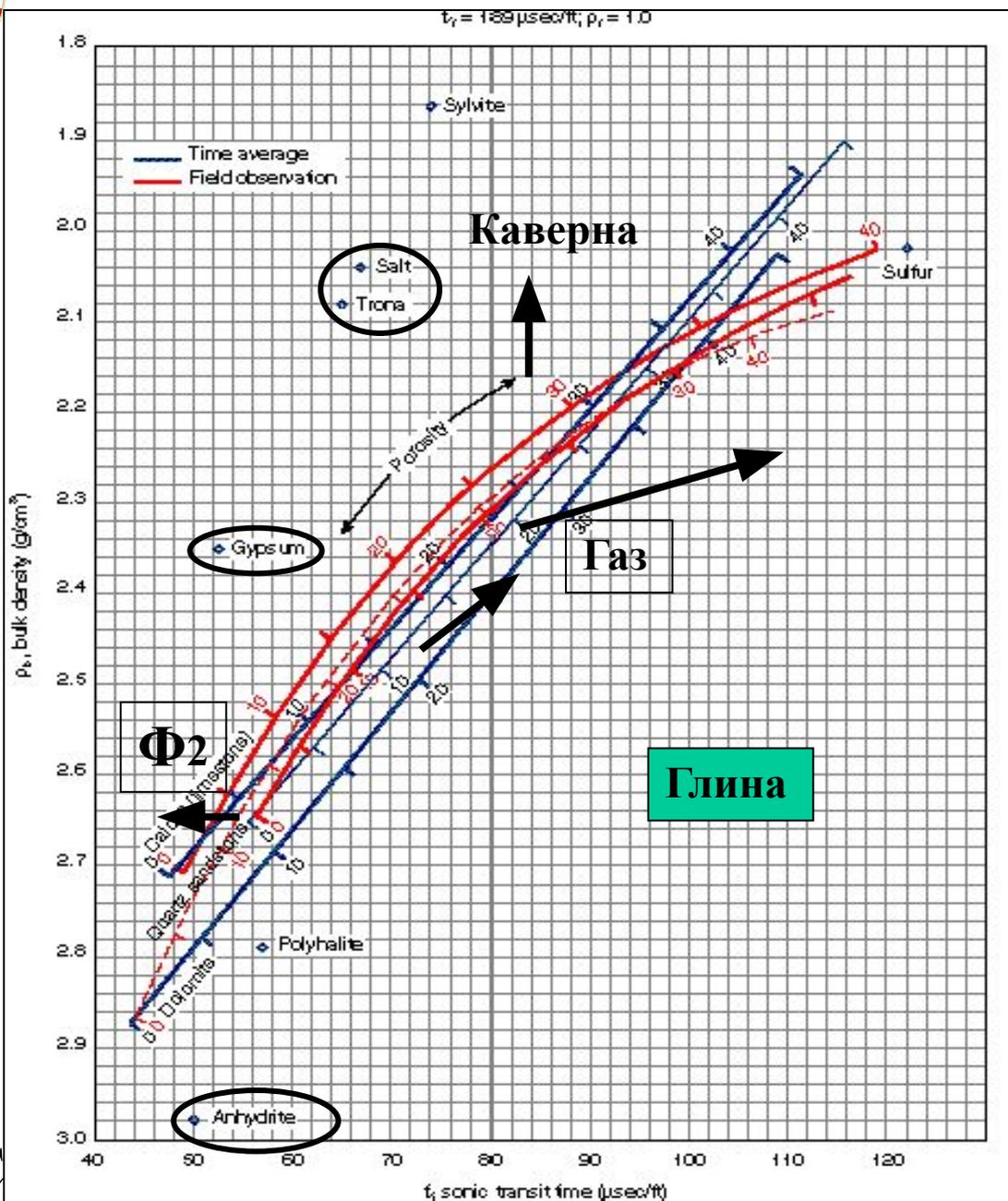
Кросс-плот акустического и нейтронного каротажа.



Газовый эффект на этом графике не поддается количественному определению, но более ярко выражен на N-D кросс-плоте по нейтронному каротажу при низкой пористости. Относительно большой эффект по акустическому каротажу так же наблюдается в нецементированных песчаниках с высокой пористостью.

Эффекты вторичной пористости для акустического каротажа будут минимизированы, если используются эмпирически полученные красные линии.

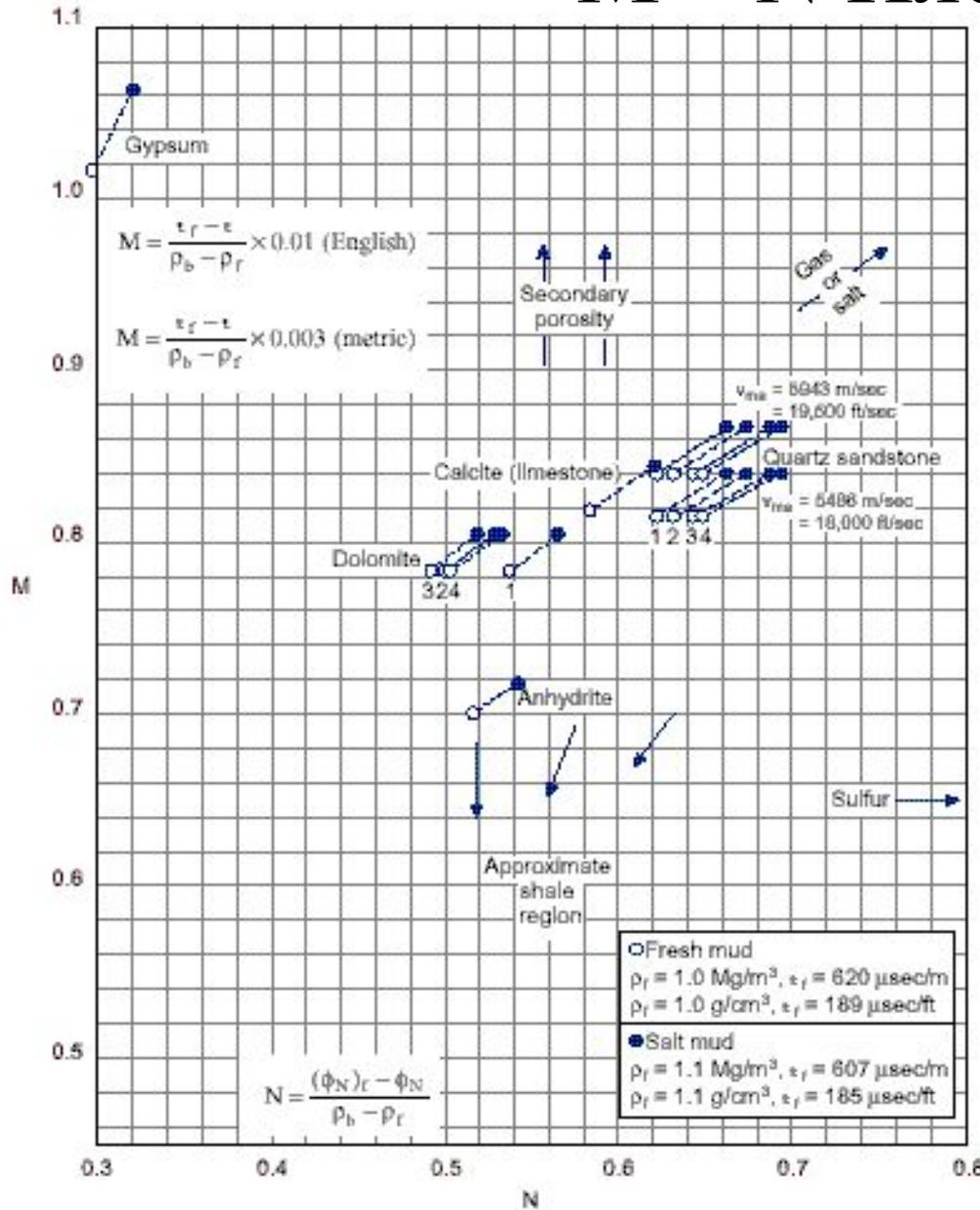
Кросс-плот плотностного-акустического каротажа



Литологические линии не сильно различаются, что делает этот график не очень удобным для определения матрицы, однако, любые отклонения от трех основных литологических линий, позволяют предположить вид матрицы. **Этот кросс-плот очень полезен при определении глин в пласте.** Как в нейтронно-акустическом кросс-плоте, эффекты вторичной пористости понижены использованием эмпирических линий.



M – N Плот и эффекты



$$M = 0.01 \times \frac{\Delta t_f - \Delta t}{\rho_b - \rho_f}$$

(Английские единицы)

$$M = 0.003 \times \frac{\Delta t_f - \Delta t}{\rho_b - \rho_f}$$

(Метрические единицы)

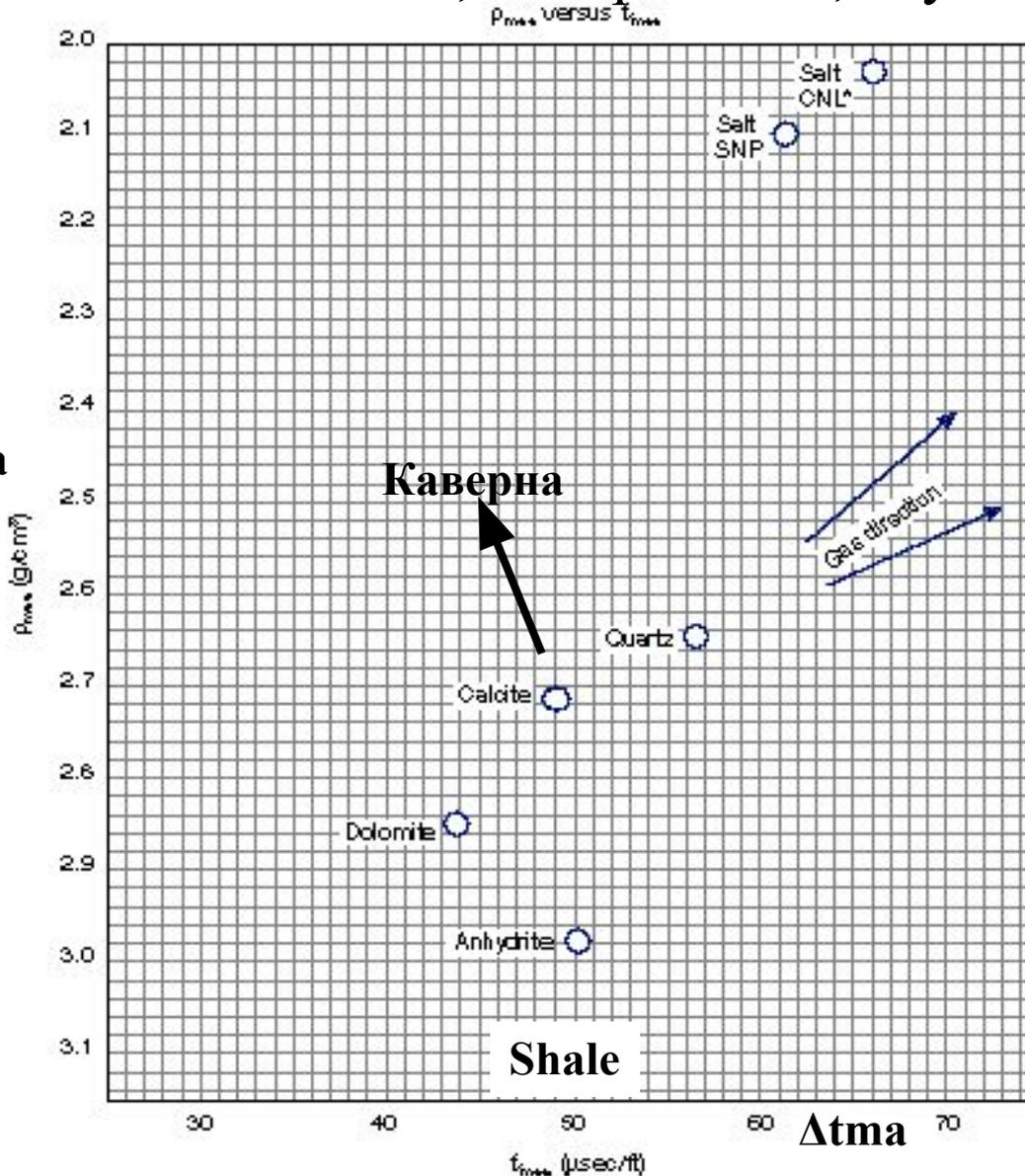
$$N = \frac{\Phi_{nf} - \Phi_n}{\rho_b - \rho_f}$$

Старая техника, которая главным образом заменена MID плотом...



Mid Плот (матричный плот) – учитываются показания плотностного, нейтронного, акустического каротажа

Rhoma



Кросс-плот предназначен для старых наборов каротажей, которые выполнялись без селективной модификации гамма-гамма метода. Местонахождение точки на графике зависит от плотности, которая в свою очередь зависит от скважинных условий. Чем точнее учитываются скважинные условия, тем точнее определяется литологический состав. **Постоянно обращайтесь внимание на графики GR и SP для определения зон присутствия глин.**



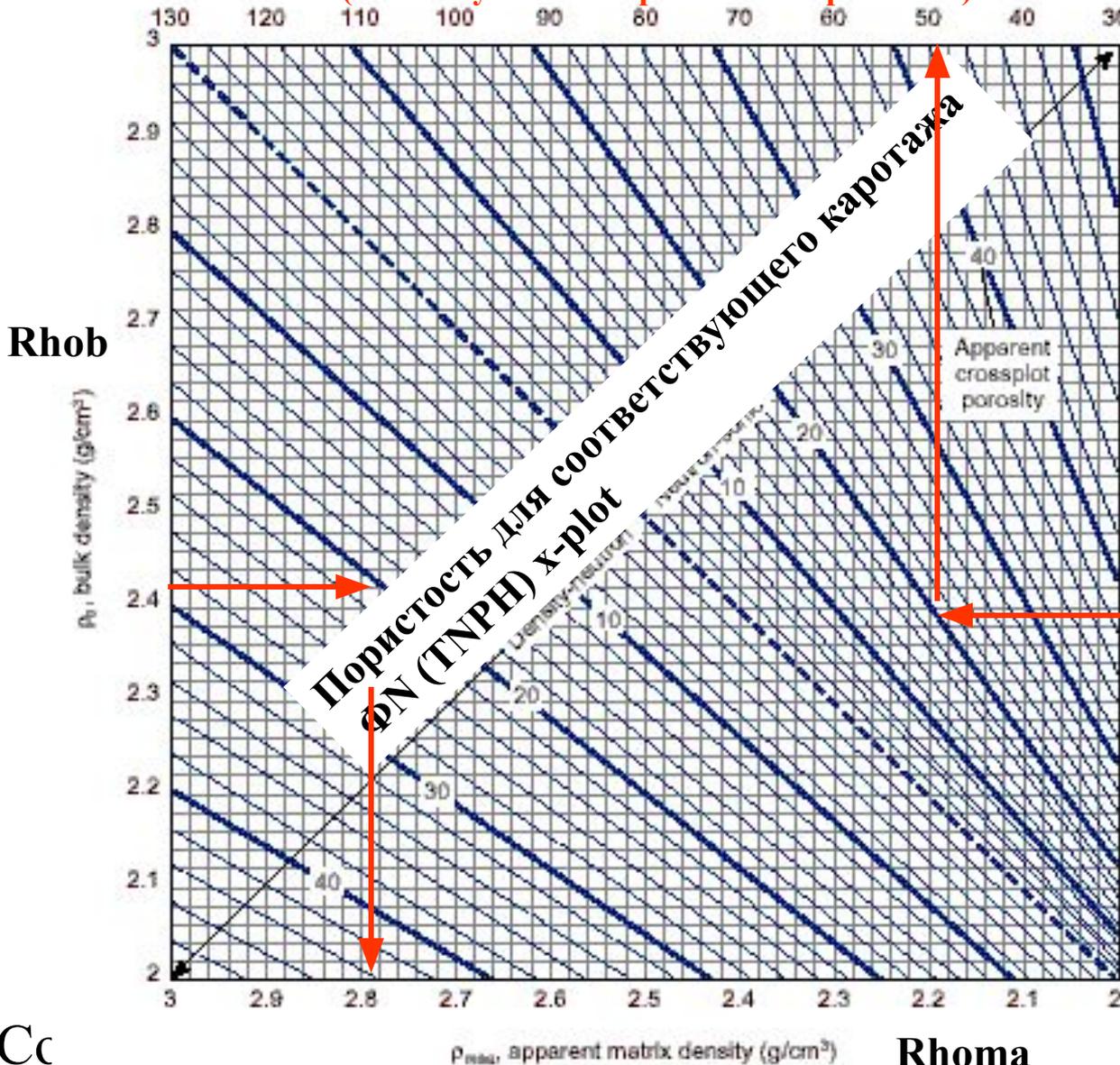
Кажущаяся плотность матрицы (Rhoma) и время пробега в матрице (Δtma)

Fluid density = 1.0

Δtma

t_{max} , apparent matrix transit time (μsec/ft)

(используется эмпирическая пористость)



Значения Δt и Rho не могут быть больше, чем на каротажных диаграммах и плотность матрицы с пористостью **передвигаются**

Schlumberger Private

$$\Delta t_{ma} = \Delta t - \frac{\Phi t \Delta t}{.684}$$

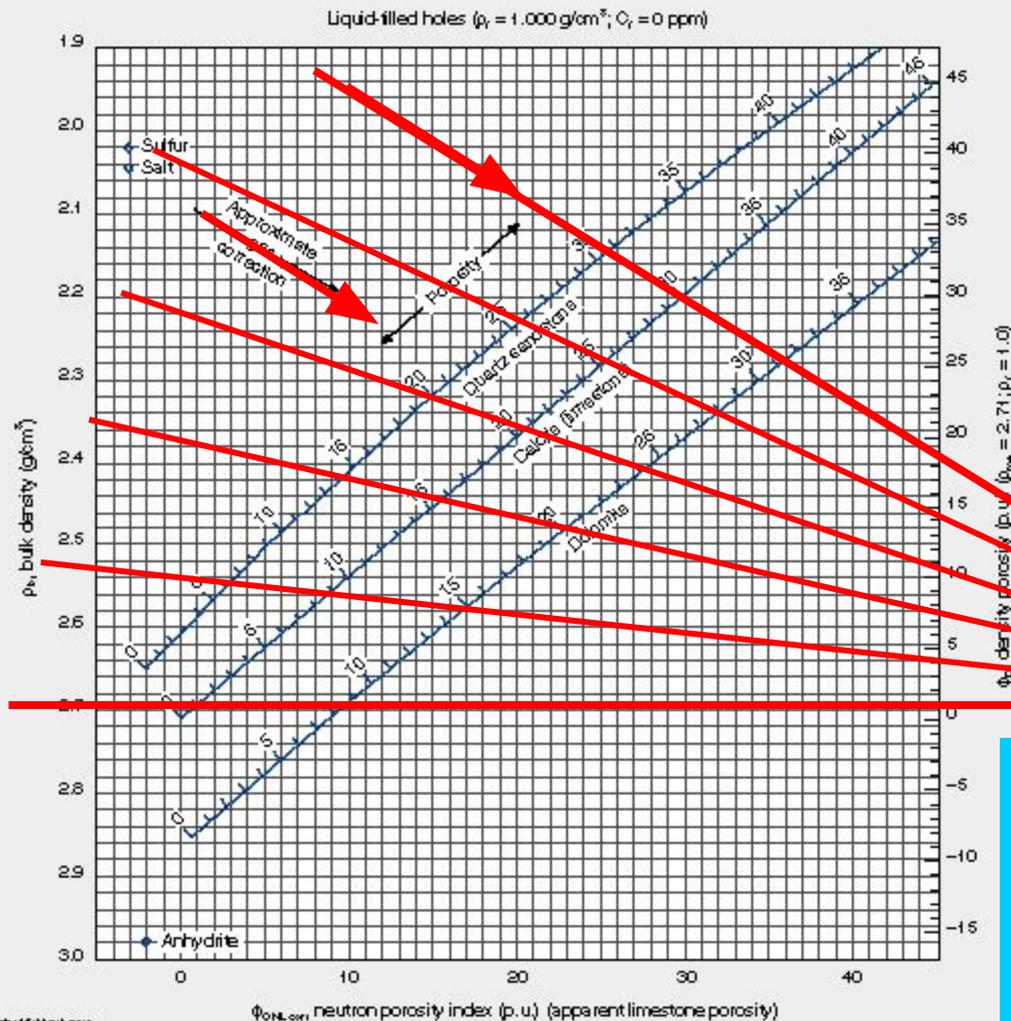
$$\rho_{maa} = \frac{\rho_b - \Phi t \rho_f}{1 - \Phi t}$$

Cc

“Быстрая коррекция за газовый фактор”

- 1) Провести горизонтальную линию для нулевой пористости известняка
- 2) Провести линию параллельно линии коррекции за газ через пористость известняка 30%
- 3) Для меньших пористостей провести промежуточные лучи.

CP



Опорная точка

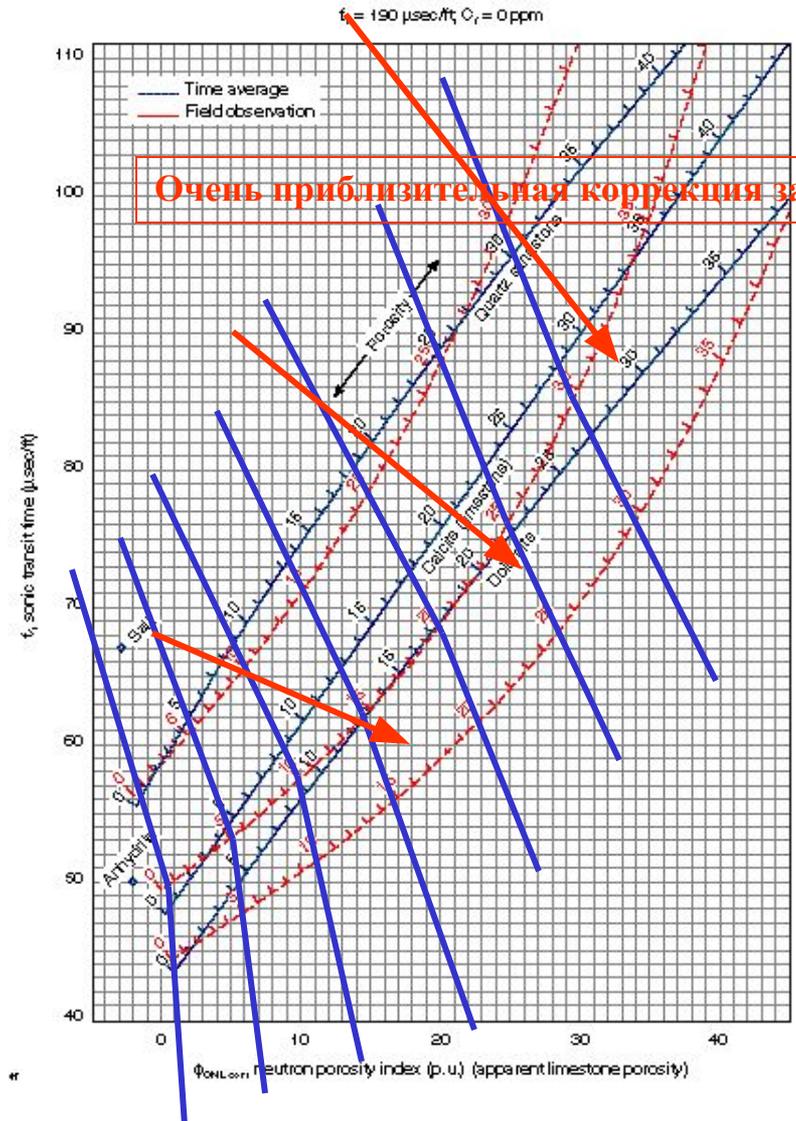
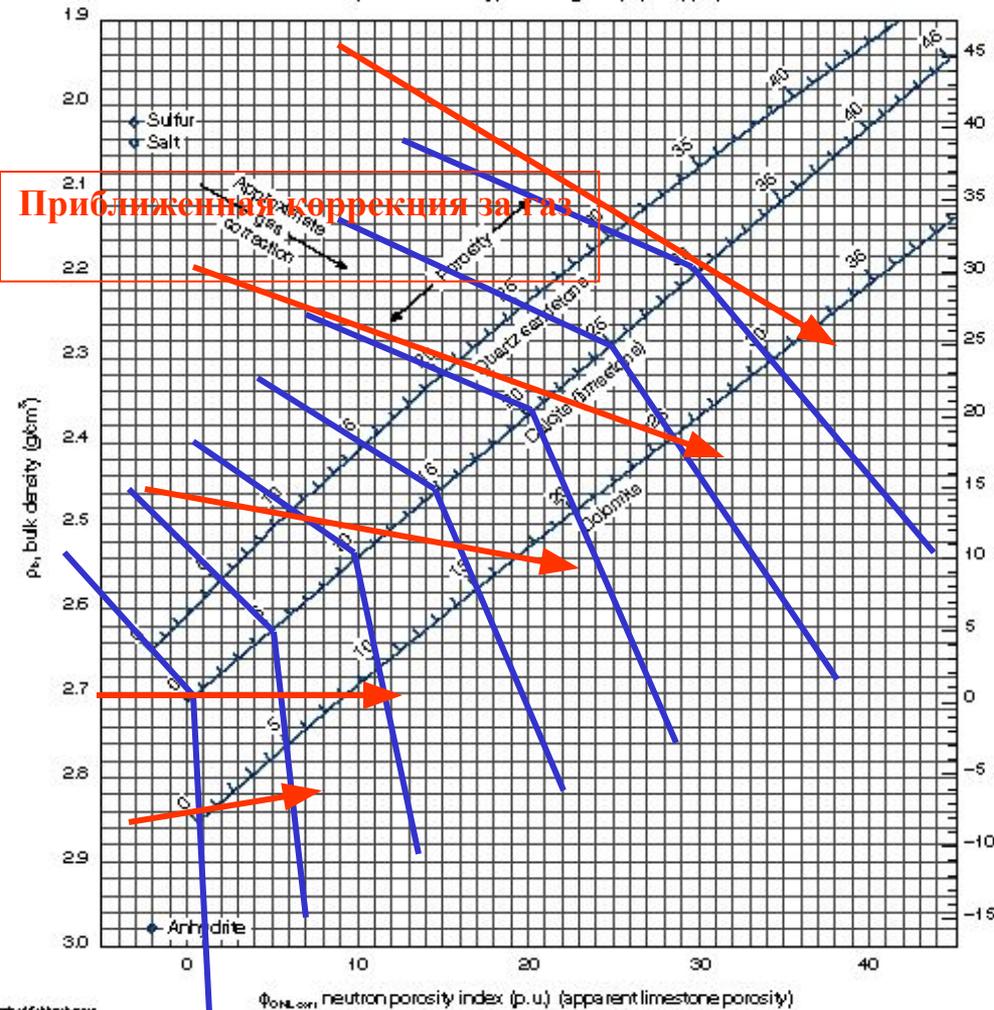
Применяется в плотных песчаных коллекторах газа. При низкой пористости газовый эффект имеет большее влияние на нейтронный каротаж, чем на плотностной. Плотностной каротаж является менее глубинным из-за большей чувствительности к проникновению фильтрата.

Помнить! Отличается от Cp-5!



Расчеты общей пористости

Liquid-filled holes ($\rho_f = 1.000 \text{ g/cm}^3$, $C_f = 0 \text{ ppm}$)



Schlumberger Private

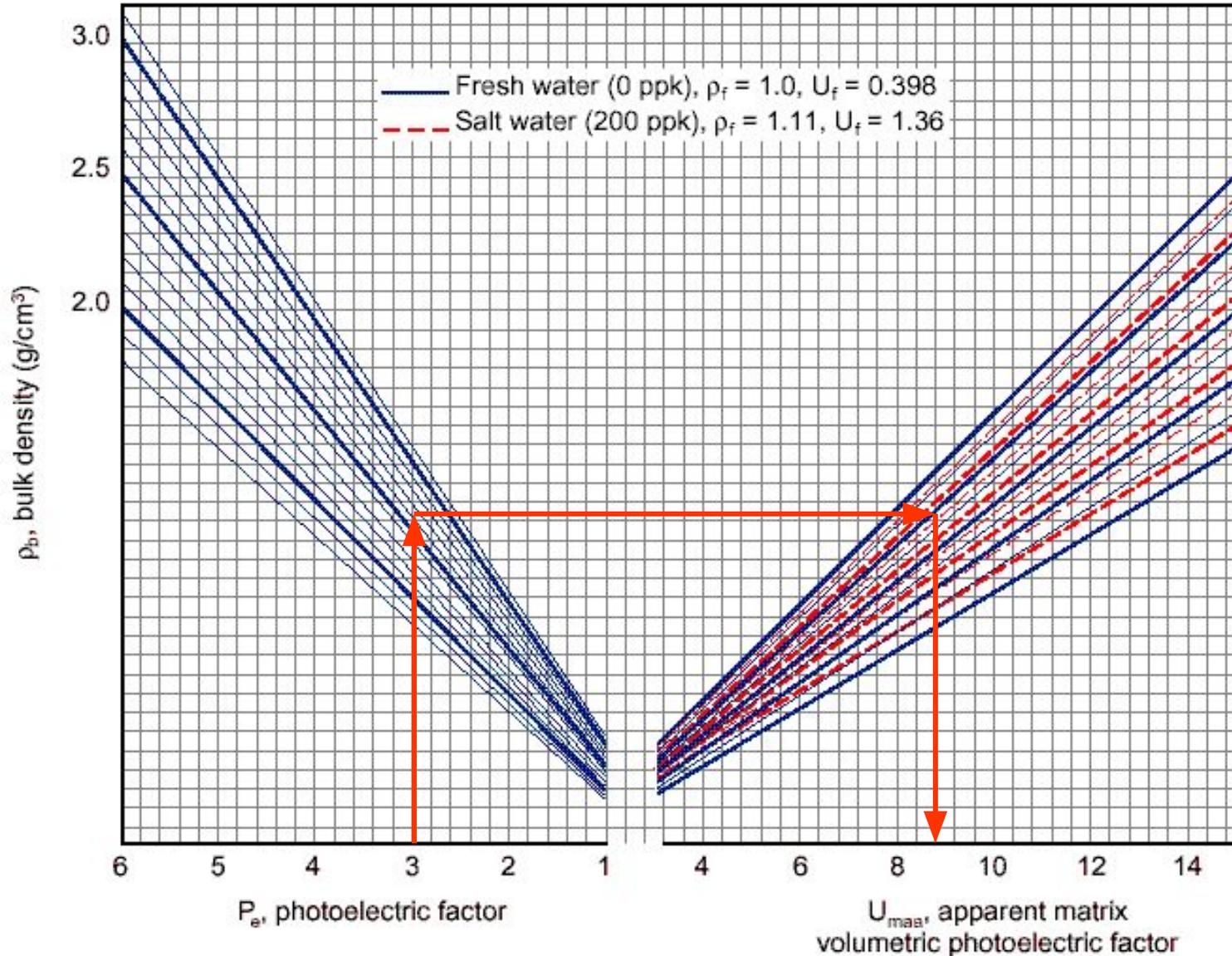


Анализ литологии и газового фактора

- Если УВ присутствуют в пласте (высокое сопротивление в сочетании с высокой пористостью), используются итеративные процессы для выделения газового эффекта на каротажных диаграммах.
 - Нанести точки на N-D, N-S, D-S кросс-плоты и литологический Mid плот
 - Сравнить пористости, полученные из трех кросс-плотов. Если результаты окажутся разными, можно предположить влияние газа на показания акустического каротажа.
 - Выбрать наиболее подходящую линию матрицы, и изменять влияние газового фактора из нейтронно-плотностного и нейтронно-акустического кросс-плотов до тех пор, пока пористость в обоих кросс-плотах не станет близкой.
 - *Помните: линия коррекции газа на нейтронно – акустическом кросс-плоте очень приближительная*
 - Вынести на Mid плот данные, скорректированные за газ, литология должна совпадать с литологией на нейтронно-плотностном кросс-плоте, где была введена поправка за газовый фактор.
 - Вынесите снова на Mid плот точки, скорректированные за газ, результат должен совпадать с исправленными за влияние газового фактора показаниями нейтронно-плотностного графика.
 - Используйте окончательно полученную пористость из нейтронно – плотностного кросс-плота в уравнении водонасыщенности (Арчи) с соответствующими значениями R_w , 'a', 'm', and 'n'.

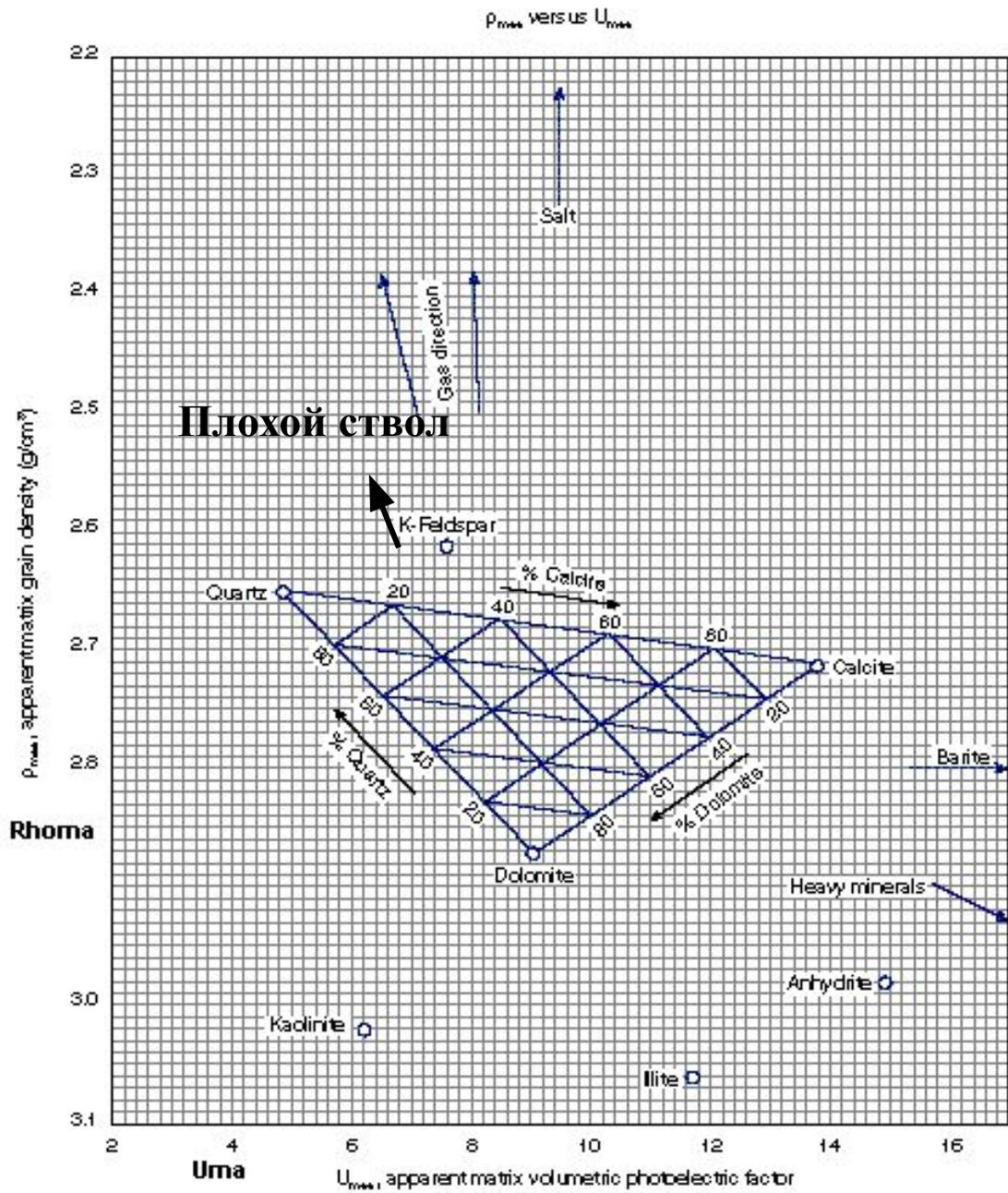


Определение U_{ma}



**Φ_t находится и
нейтронно-
плотностного
кросс-плота**

Кросс-плот фотоэлектрического (U_{mas}) и плотностного эффекта матрицы (Rhoma)

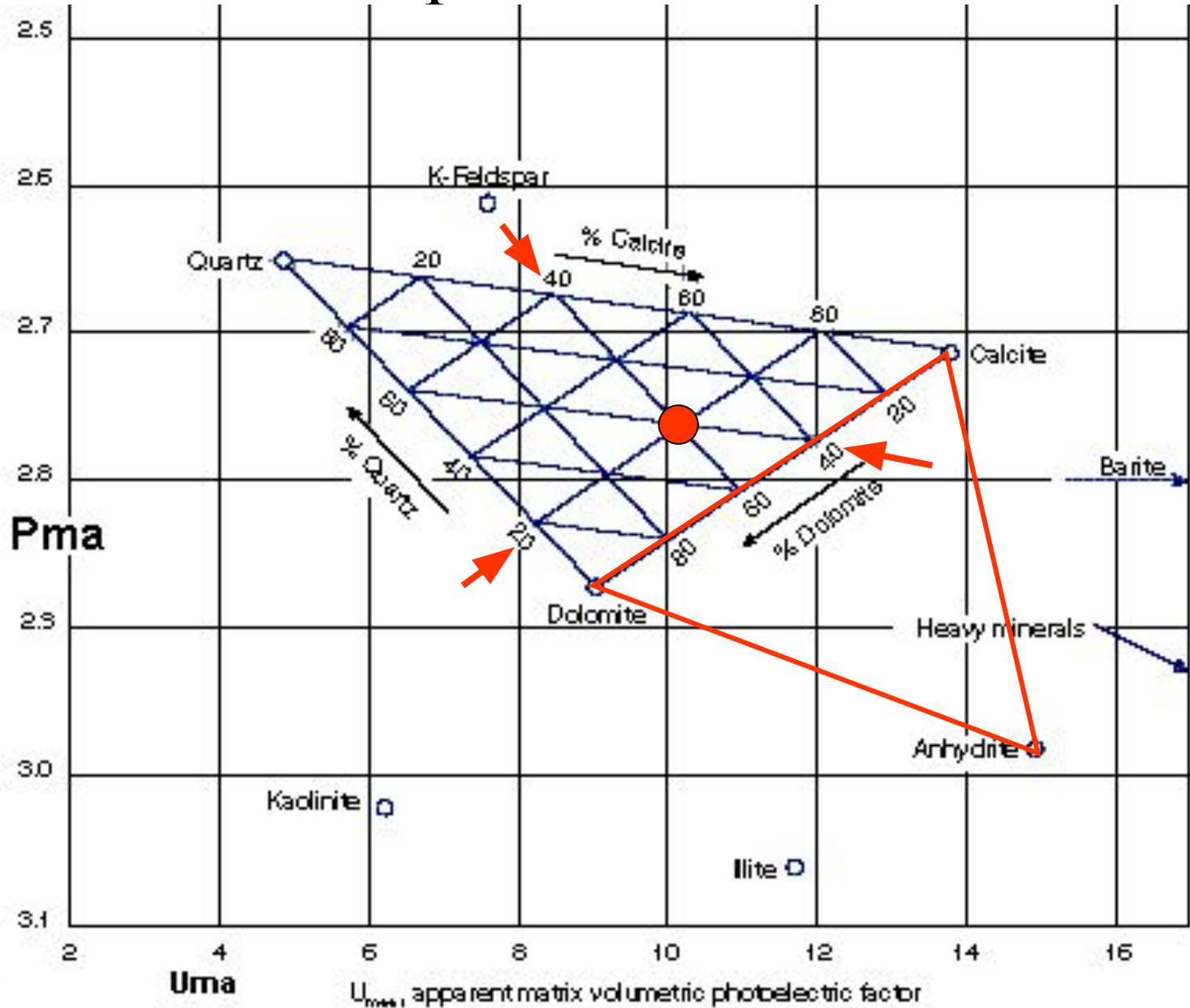


Если есть качественная кривая ρ_e (селективного гамма-гамма каротажа), этот кросс-плот предпочтительно использовать для определения минералов. Помните, что присутствие газа будет оказывать влияние через Rhoma. U_{ma} слабо зависит от присутствия газа.

Schlumberger Private



Кросс-плот Uma – Rhoma



Co1



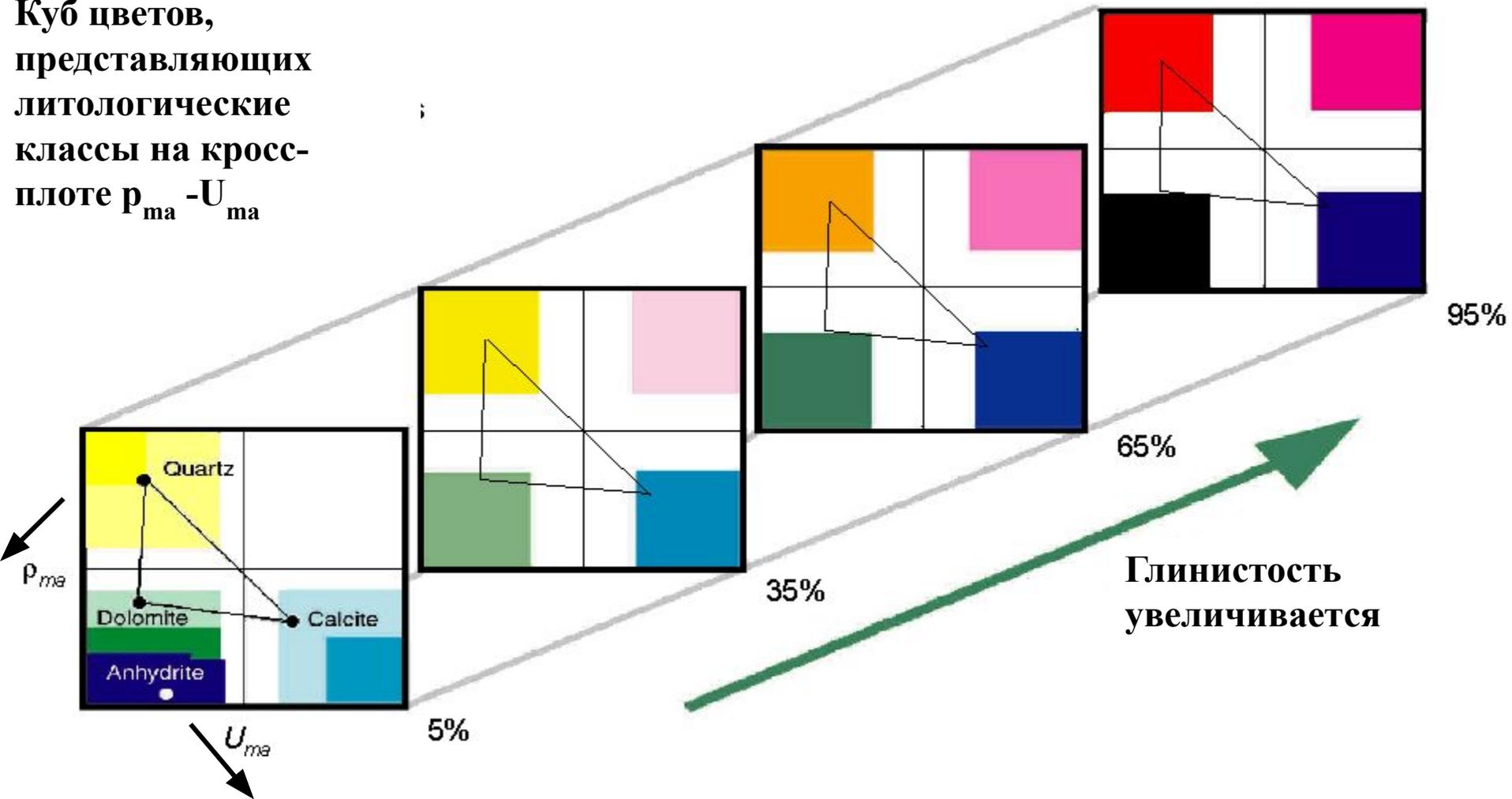
Анализ литологии и газового фактора с помощью R_e .

- Если в пласте присутствуют УВ (высокое сопротивление и пористость) для ручных расчетов используются итеративные процессы для исключения газового эффекта.
 - Строятся исходные точки на нейтронно-плотностном кросс-плоте и отмечаются соответствующие значения R_e с низким газовым фактором и пористостью.
 - Если возможно, проверяется газовый эффект на нейтронно – акустическом кросс-плоте (пористость будет разной на двух кросс-плотах)
 - Наносятся исходные точки на кросс-плот $U_{ma}-R_{homa}$ и сравнивается литология, полученная из других кросс-плотов.
 - Выбирается правдоподобная матрица, и исключается газовый эффект из показаний нейтронно-плотностного кросс-плота с помощью корректирующих линий газового фактора различного наклона.
 - В уравнении Арчи для определения водонасыщенности используется окончательно найденная пористость из нейтронно – плотностного кросс-плота с соответствующими значениями R_w , 'a', 'm', and 'n'.



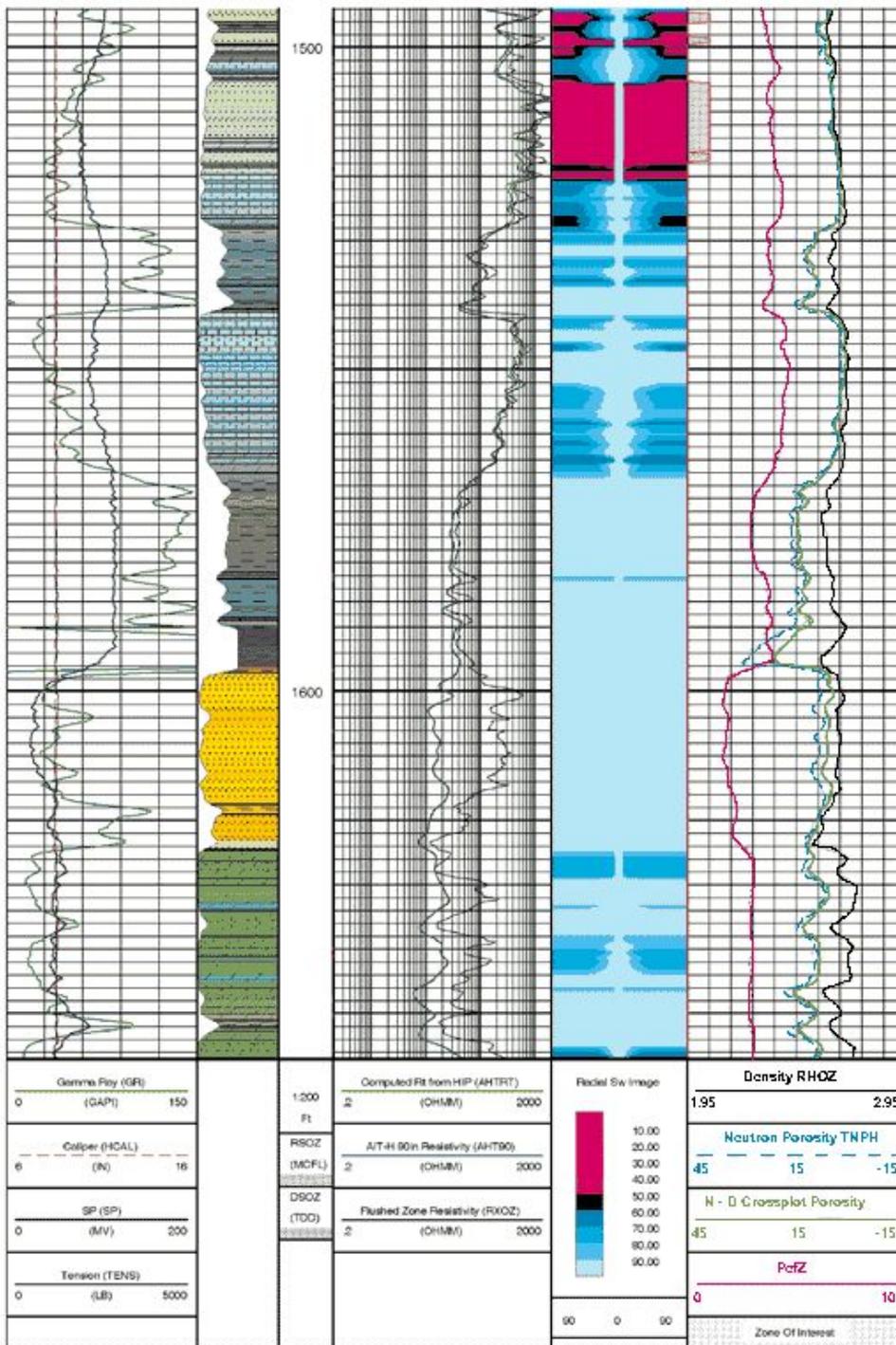
Цветовая схема плотности U_{ma} - R_{oma} с ГЛИНИСТОСТЬЮ

Куб цветов, представляющих литологические классы на кросс-плоте ρ_{ma} - U_{ma}



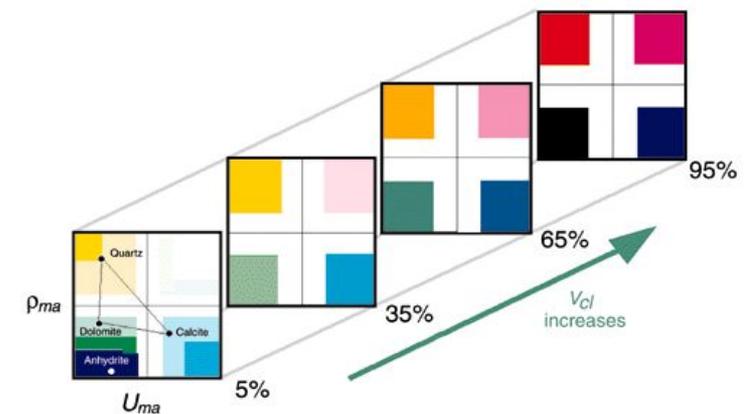
Copyright

Основа для быстрого определения литологии

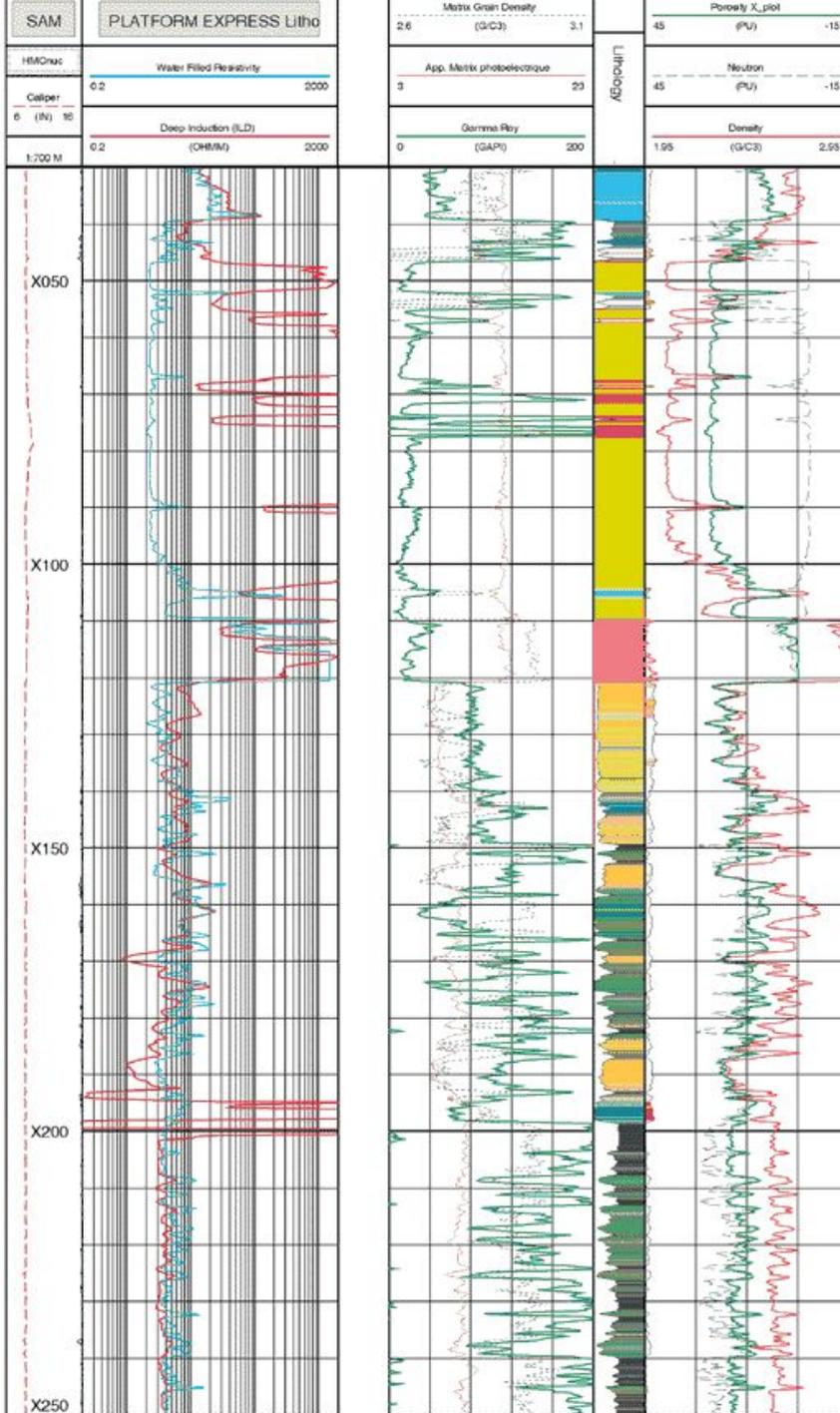


Пример: основа экспресс - интерпретации в «Амосо Сатооса»

Schlumberger



C



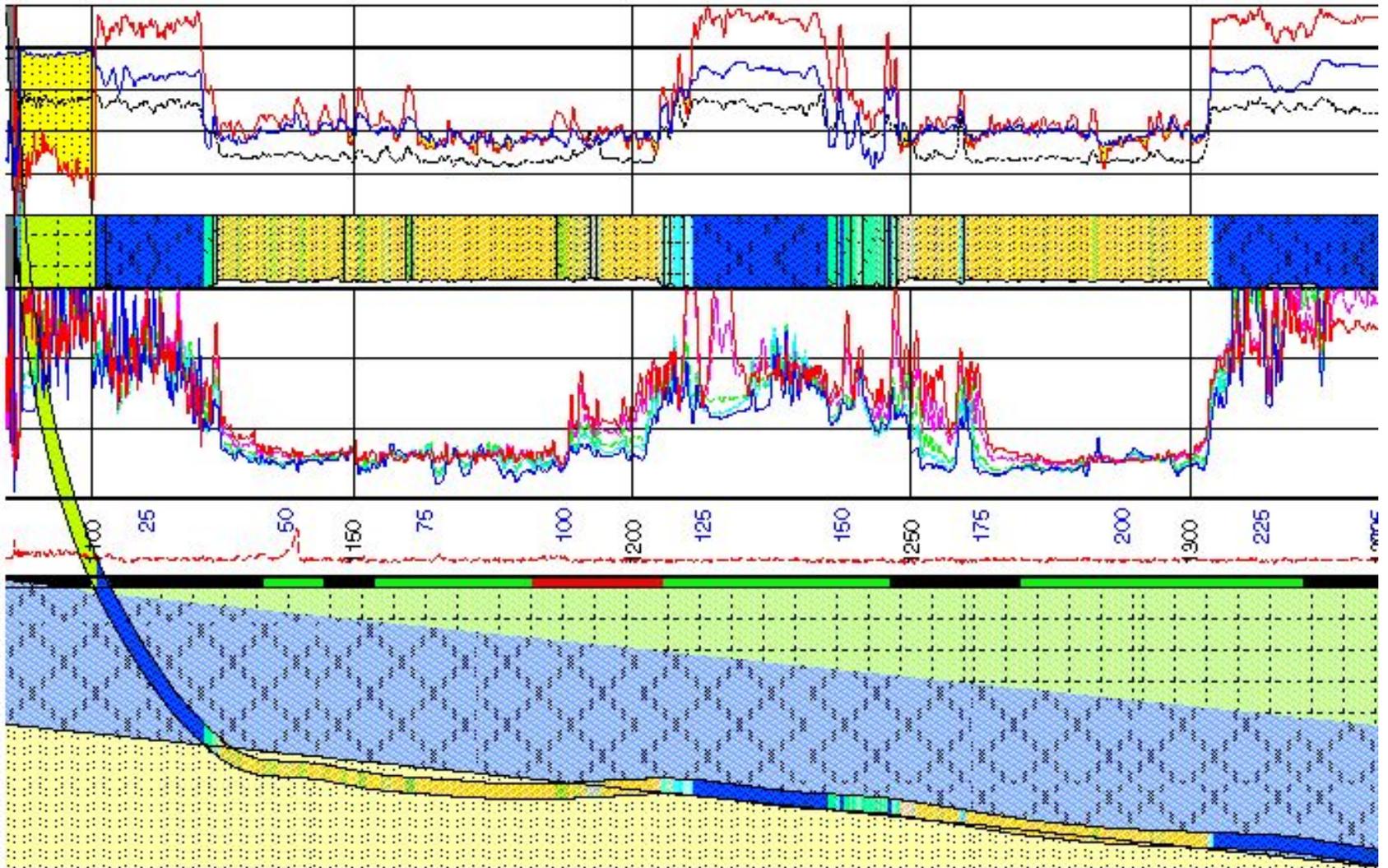
Формации смешанной ЛИТОЛОГИИ

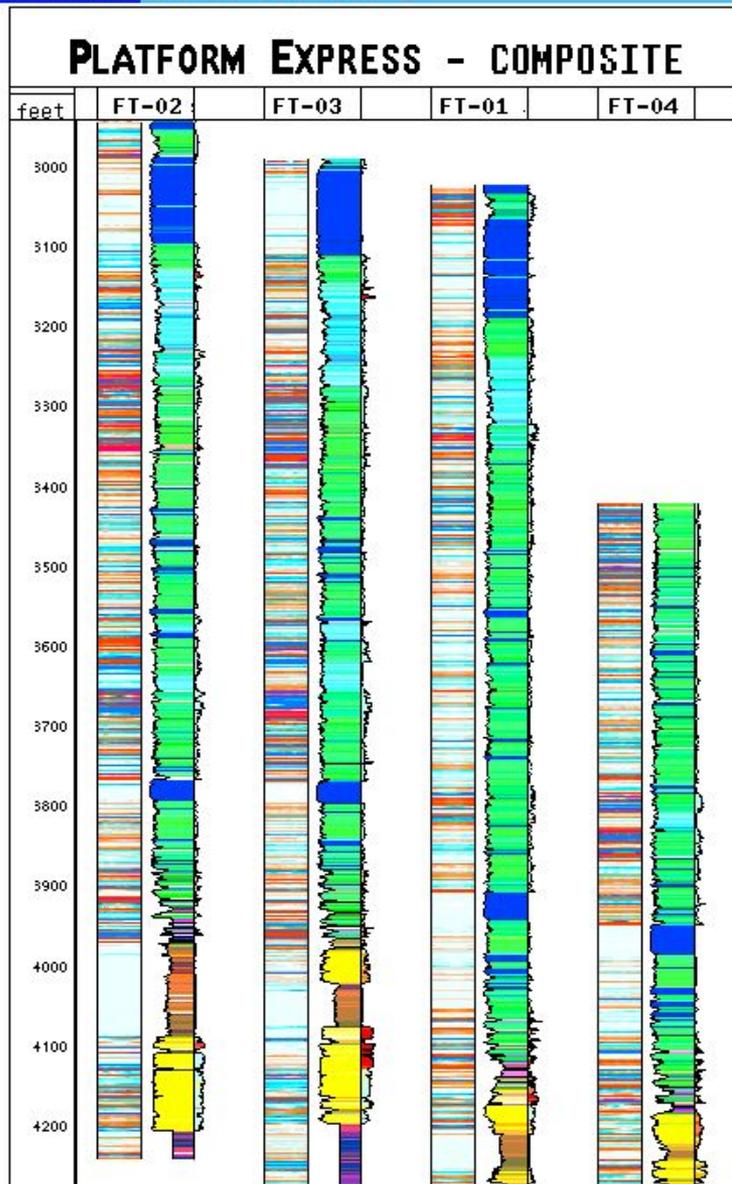
Где коллектор?

- Соль
- Ангидрит
- Песчаник
- Доломит
- Известняк
- Глина

C

Диаграмма горизонтальной скважины





Межскважинная корреляция

С добавлением литологии становится возможным проводить корреляцию пластов и наблюдать изменения фаций в разрезе. При изучении месторождения важно не игнорировать тонкие литологические изменения, которые показывают изменение геологии резервуара.

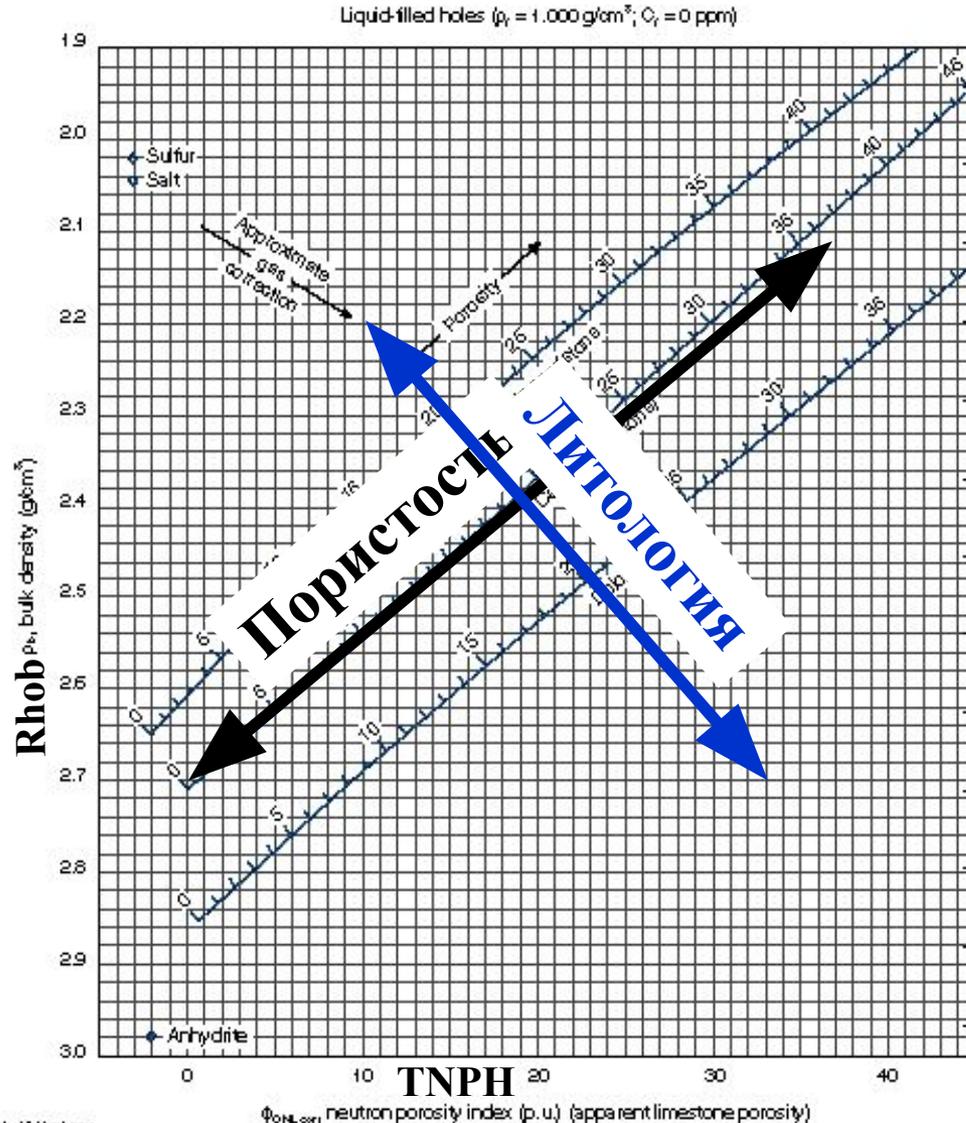
Разрез из четырех скважин

Справа – от каждой скважины – Эффективная пористость и насыщенность

Слева- вторые производные показаний прибора HALS



Количественное определение пористости



Нейтронно-плотностной кросс-плот содержит информацию о литологии и пористости. При низких значениях пористости в известняке и доломите основным является нейтронный метод. К этому кросс-плоту мы возвращаемся в конце для определения пористости после того, как была определена литология.

Даже в комплексных карбонатных отложениях для определения водонасыщенности применяется уравнение – Арчи, и редко эти значения неверны.

Увеличение точности определения водонасыщенности возможно только после изучения порового пространства керн.