

Некоторые методологические аспекты определения подсчетных параметров и прогнозирования разработки для вулканогенно-обломочных коллекторов доюрского комплекса Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна

ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»

Управление геологического моделирования и мониторинга ГРП ТРИЗ

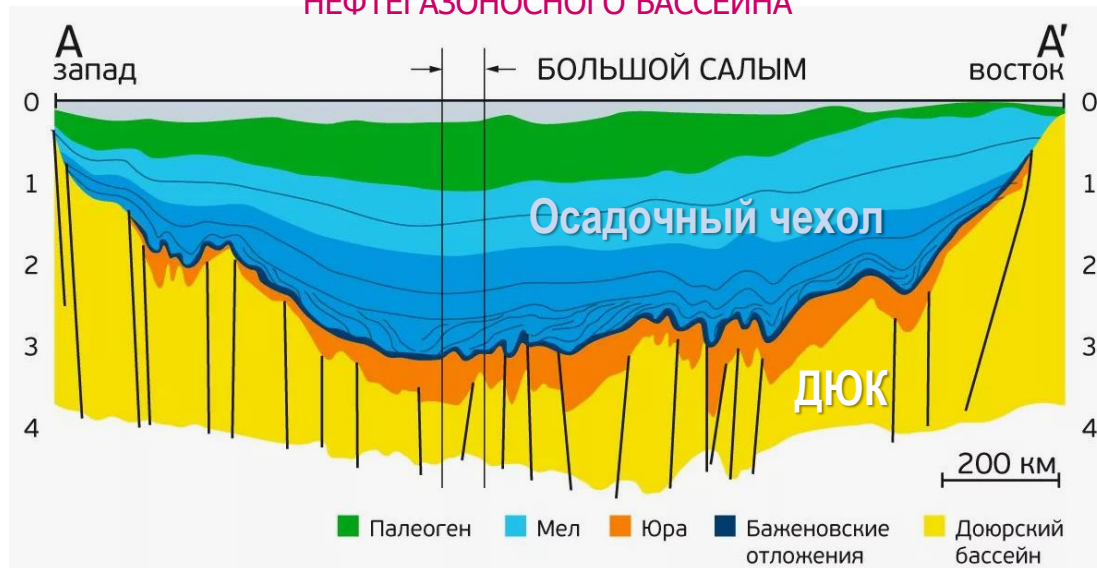
Центра геологического развития и разработки ТРИЗ

к.г.-м.н. Алексеев А.Д.

Доюрский комплекс Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна

Доюрский комплекс Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна (ДЮК) включает в себя коренные породы палеозойского фундамента и отложений промежуточного пермо-триасового комплекса.

СХЕМАТИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНА



ФОТОГРАФИЯ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА

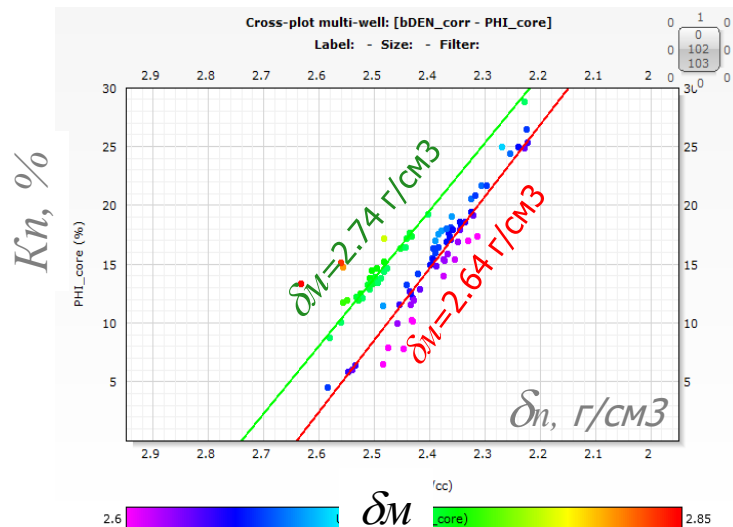


Доюрский комплекс в пределах изучаемой территории в основном формируют вулканогенно-обломочные породы, которые образуются при дезинтеграции лавовых потоков во время их растекания, при вулканических взрывах и при одновременном накоплении вулканогенного и осадочного материала.

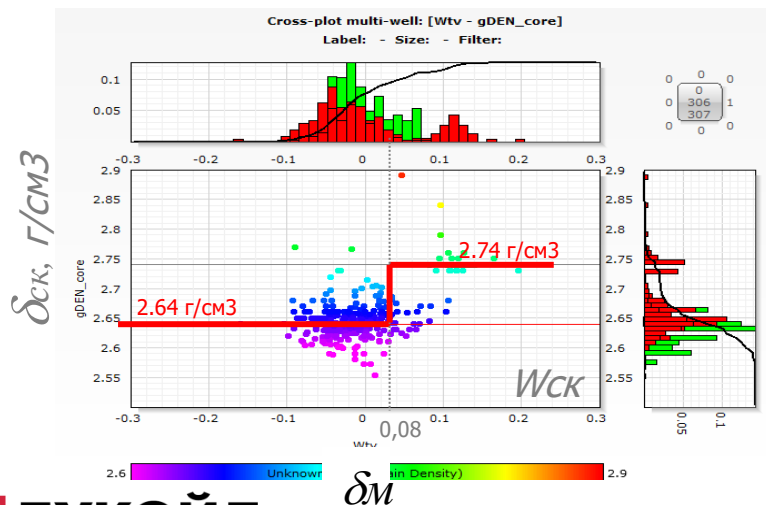
Породы различаются по химическому и минеральному составам, а также по условиям формирования. К ним приурочены сложнопостроенные коллекторы, которые требуют учета их **специфических особенностей при оценке ресурсной базы.**

Аспект №1. Учет вариативности плотности скелета породы при определении пористости.

СОПОСТАВЛЕНИЕ КП ОТ ОБЪЕМНОЙ ПЛОТНОСТИ ПО КЕРНУ



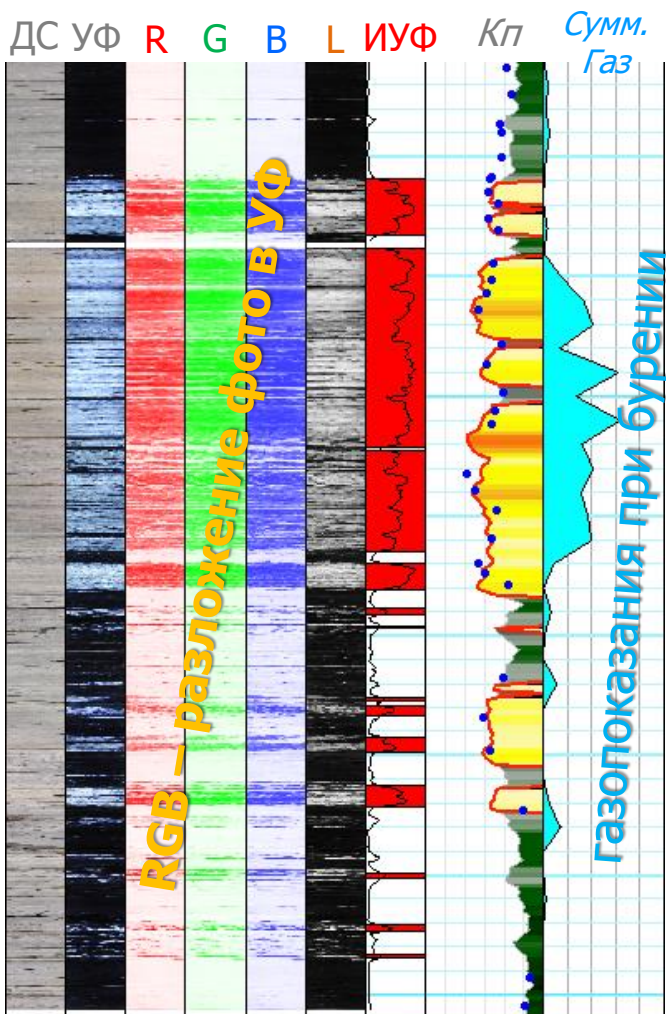
СОПОСТАВЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ СКЕЛЕТА С ВОДОРОДОСОДЕРЖАНИЕМ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПО ГИС



- ❑ Керн отобран более чем в 20 скважинах, в трех из них проходка сплошная от кровли ДЮК до подошвы нижнего продуктивного резервуара.
- ❑ Вынос в интервале ДЮК составляет более 90%.
- ❑ Рутинные исследования керна выполнены во всех скважинах.
- ❑ Не смотря на то, что породы различаются по химическому и минеральному составам выделяется всего два типа пород с разной плотностью скелета/матриц.
- ❑ Для определения плотности скелета использовано его водородосодержание:

$$W_{ск} = W_{нк} - K_p \cdot g_{гкп}$$

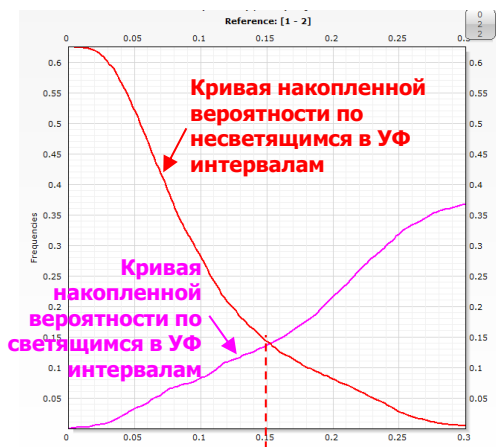
Аспект №2. Фокус на статистические критерии при обосновании величины граничной пористости



ИУФ – числовой показатель интенсивности люминесцентного свечения зерна в ультрафиолетовом свете

КРИВЫЕ НАКОПЛЕННОЙ ВЕРОЯТНОСТИ

ПО ДАННЫМ СПЕЦОБРАБОТКИ ФОТОГРАФИЙ КЕРНА



ПО ДАННЫМ ГАЗПРОЯВЛЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ



- Принято использовать две группы способов: *петрофизические* (опираются на результаты лабораторного изучения образцов зерна) *и статистические* (использует статистику по прямым признакам коллектора, в основном по ГИС, обусловленными признаками проникновения фильтра буровой жидкости в пласт).
- Из-за обилия трещиноватости и её влияния на проницаемость петрофизические критерии не являются достаточно надежными, поэтому особое внимание следует уделять статистическим критериям.
- Так как в разрезе ДЮК признаки проникновения фильтра буровой жидкости в пласт выражены слабо, пришлось искать другие критерии.
- Наиболее яркими признаками коллектора оказались свечение нефтенасыщенных интервалов в УФ и газопроявления при бурении.

Аспект №3. Определение нефтенасыщенности по данным капилляриметрических исследований

МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ПРАВИЛА КИРХГОФА МАТРИЦА ПОДБОРА МОДЕЛИ БРУКСА-КОРИ

МОДЕЛЬ ДВУХ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ТРЕЩИН

$$\frac{1}{\rho_{тр}} = \frac{k_{п.тр}}{2\rho_{ж}} + \frac{1 - k_{п.тр}}{\rho_{м}}$$

МОДЕЛЬ ТРЁХ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ТРЕЩИН

$$\frac{1}{\rho_{тр}} = \frac{2k_{п.тр}}{3\rho_{ж}} + \frac{3 - 2k_{п.тр}}{\rho_{м}(3 - k_{п.тр})}$$

УЭС – удельные электрические сопротивления.

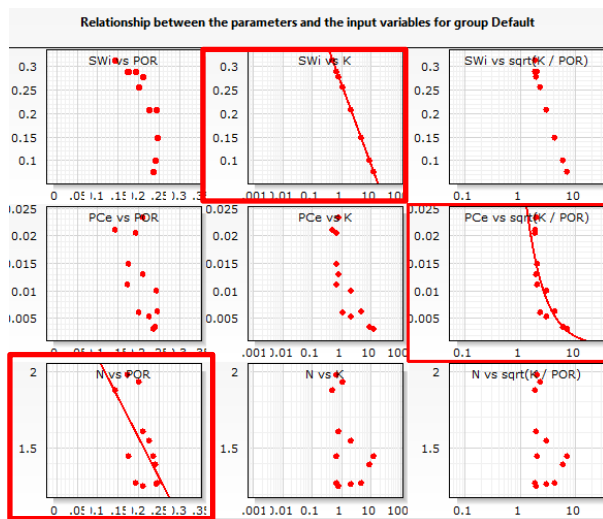
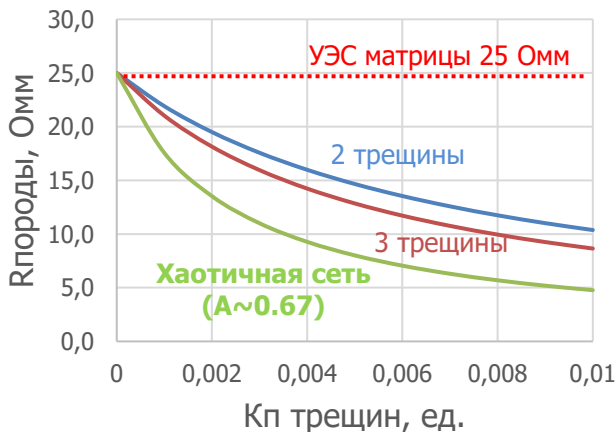
МУЭС – электрическая модель Дахнова-Арчи.

МПЗ – модель переходной зоны по Брукса-Кори.

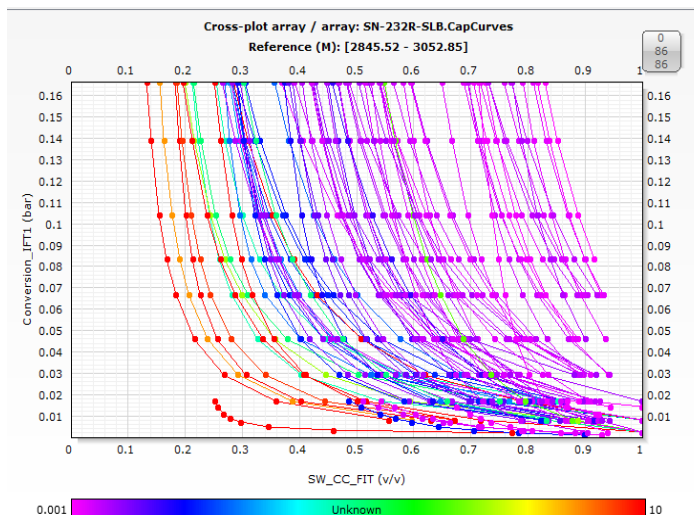
МОДЕЛЬ ХАОТИЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕЩИН

$$\frac{1}{\rho_{тр}} \approx \frac{k_{п.тр}}{A\rho_{ж}} + \frac{1}{\rho_{м}}$$

ГРАФИКИ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ



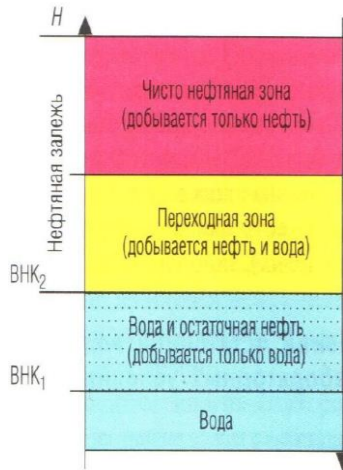
ПРИМЕР РЕЗУЛЬТАТА ПОДБОРА ПАРАМЕТРОВ



- ❑ Из-за повышенной проводимости трещин, заполненных электропроводящей жидкостью, электрические модели такие как Дахнова-Арчи в трещиноватом коллекторе не работают.
- ❑ В условиях изучаемого пласта при УЭС порового коллектора в 25 Ом снижение при наличии трещин может достигать от 2 до 5 раз.
- ❑ В этой связи решено задействовать модель «переходной зоны» (МПЗ), которая не использует данные электрометрии, а основана на капилляриметрических исследованиях.
- ❑ Предпочтение отдано модели Брукса-Кори, как наиболее простой и в то же время учитывающей форму капиллярных кривых.

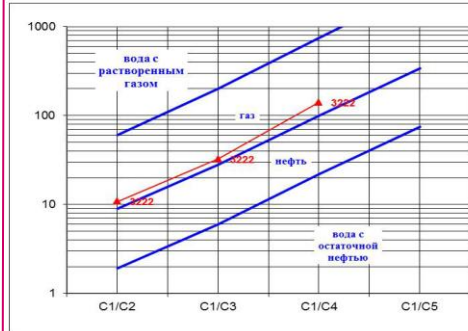
Аспект №4. Подбор уровня зеркала чистой воды для модели переходной зоны

СТРОЕНИЕ НЕФТЯНОЙ ЗАЛЕЖИ*

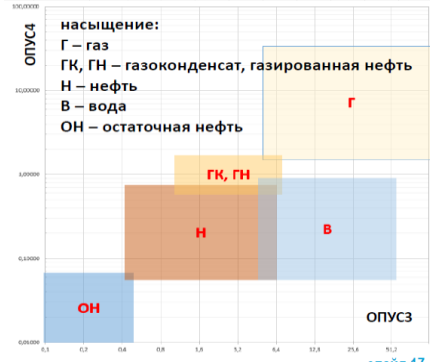


АНАЛИЗ ДАННЫХ ГАЗОВОГО КАРОТАЖА

МЕТОДИКА СООТНОШЕНИЙ ПИКСЛЕРА



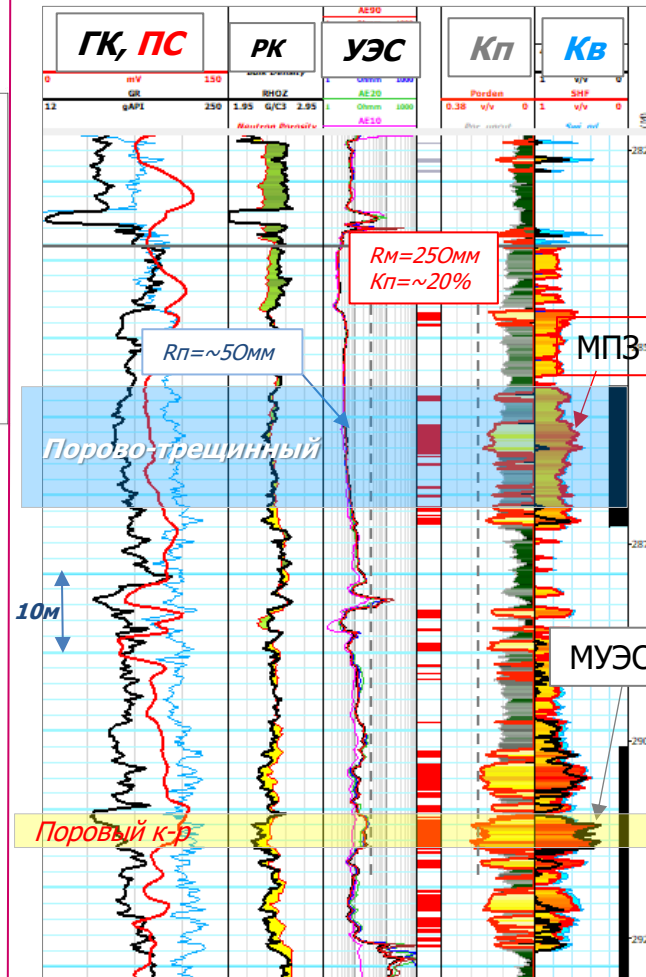
МЕТОД ОПУС (ЛУКЬЯНОВ Э.Е.)



ОПУС3 – обобщенный показатель углеводородного содержания по трём компонентам C1, C2 и C3
ОПУС4 - обобщенный показатель углеводородного содержания по четырём компонентам C1, C2, C3 и C4

Формулы:
 $ОПУС3 = C1 * C2 / ((C2 + C3) * 2)$
 $ОПУС4 = C1 * C2 * C3 / ((C2 + C3 + C4) * 3)$

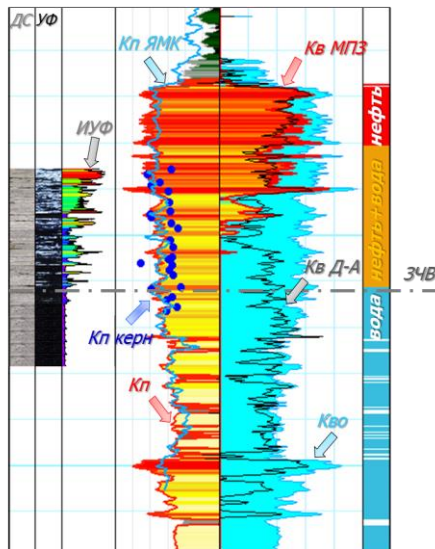
ПЛАНШЕТ РАЗРЕЗА ДЮК



— интервал перфорации

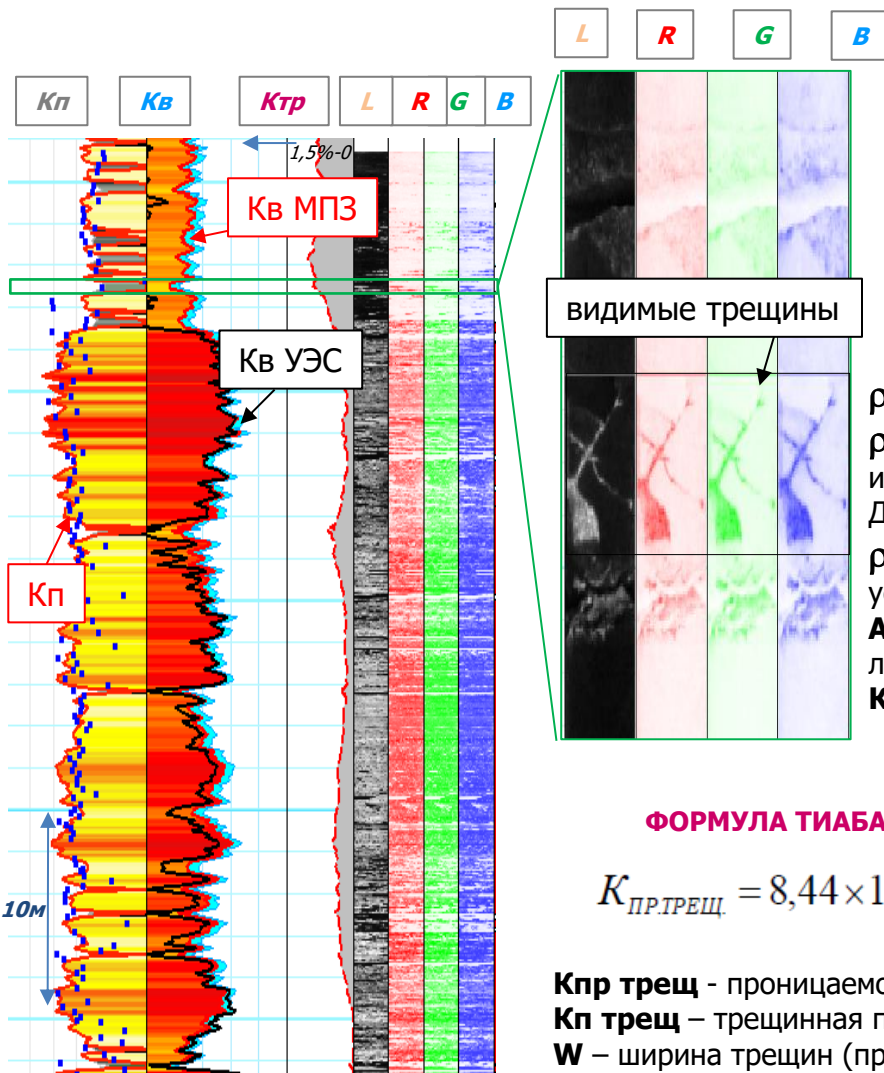
- В модели переходной зоны уровень зеркала чистой воды (УЗЧВ) является критически важным параметром.
- Обычно принято определять по градиенту пластового давления, но в данном случае такой возможности нет.
- УЗЧВ для одного из резервуаров выявлен в керне по результатам анализа фотографий в УФ.
- В большинстве скважин УЗЧВ подбирался путем сбивки двух моделей (МПЗ и МУЭС) в интервалах порового коллектора.
- Результат идентифицировался по анализу данных газового каротажа.

ОБОСНОВАНИЕ ЗЧВ ПО ФОТО КЕРНА В УФ



*- М.Ю. Зубков понятие «остаточная водонасыщенность»... Каротажник 7/2015

Аспект №5. Количественная оценка трещиноватости.



ФОРМУЛА ДЛЯ ХАОТИЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕЩИН

$$\frac{1}{\rho_{\text{тр}}} \approx \frac{k_{\text{п.тр}}}{A\rho_{\text{ж}}} + \frac{1}{\rho_{\text{м}}}$$

$\rho_{\text{тр}}$ – показания по ГИС;
 $\rho_{\text{м}}$ – полученное обратным счетом из $K_{\text{в}}$ по МПЗ с помощью модели Дахнова-Арчи;
 $\rho_{\text{ж}}$ – УЭС жидкости в пластовых условиях;
 $A=0,67$ – константа по литературным данным;
 $K_{\text{п. тр}}$ – искомая величина.

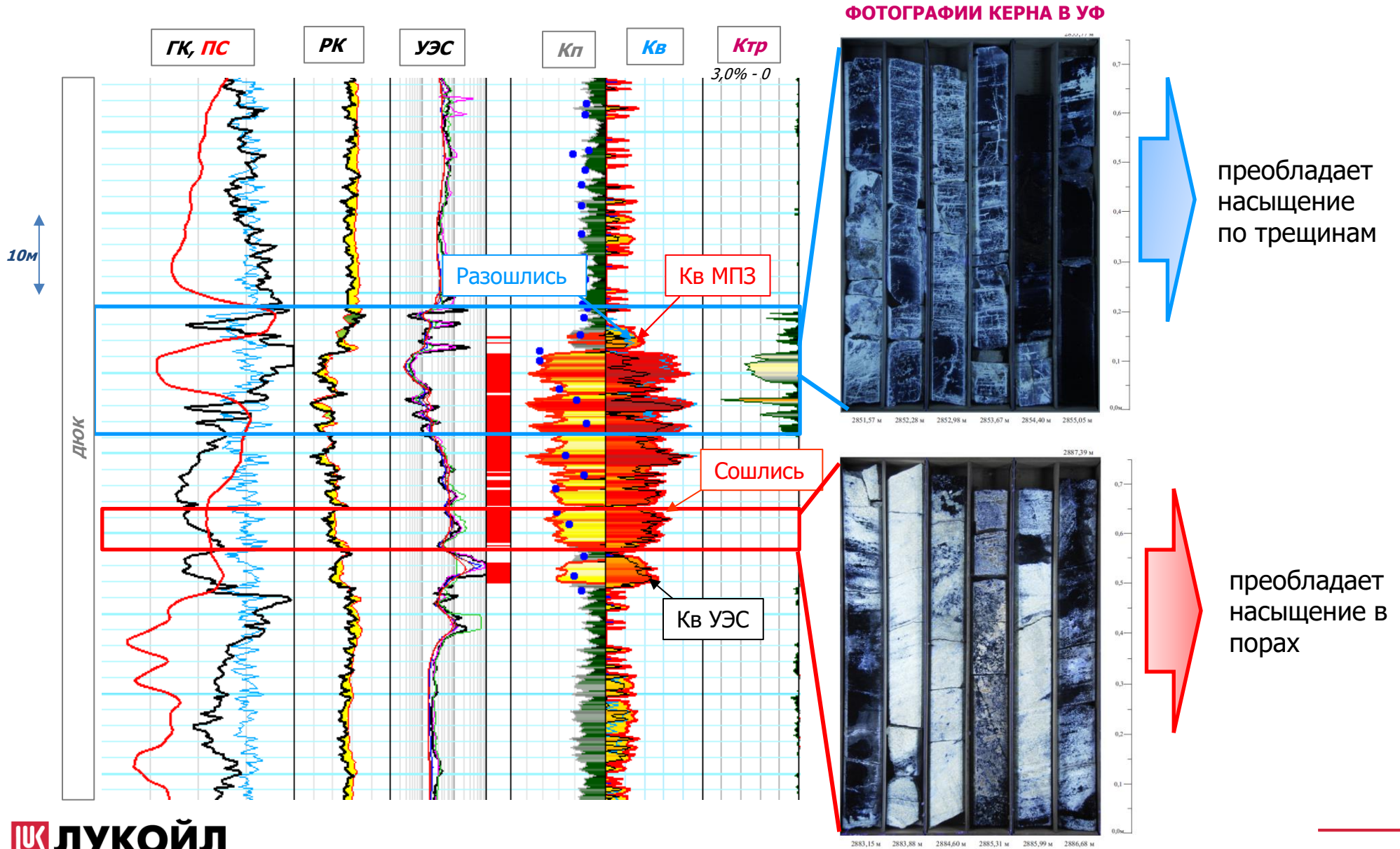
ФОРМУЛА ТИАБА-ДОНАЛДСОНА

$$K_{\text{ПР.ТРЕЩ}} = 8,44 \times 10^{-4} \times W^2 \times K_{\text{П.ТРЕЩ}}$$

$K_{\text{пр трещ}}$ – проницаемость в Дарси,
 $K_{\text{п трещ}}$ – трещинная пористость в %,
 W – ширина трещин (просвет) в мкм. Ширина трещин задана равной 10 мкм (минимальное значение, при котором блоки породы оказываются связанными между собой).

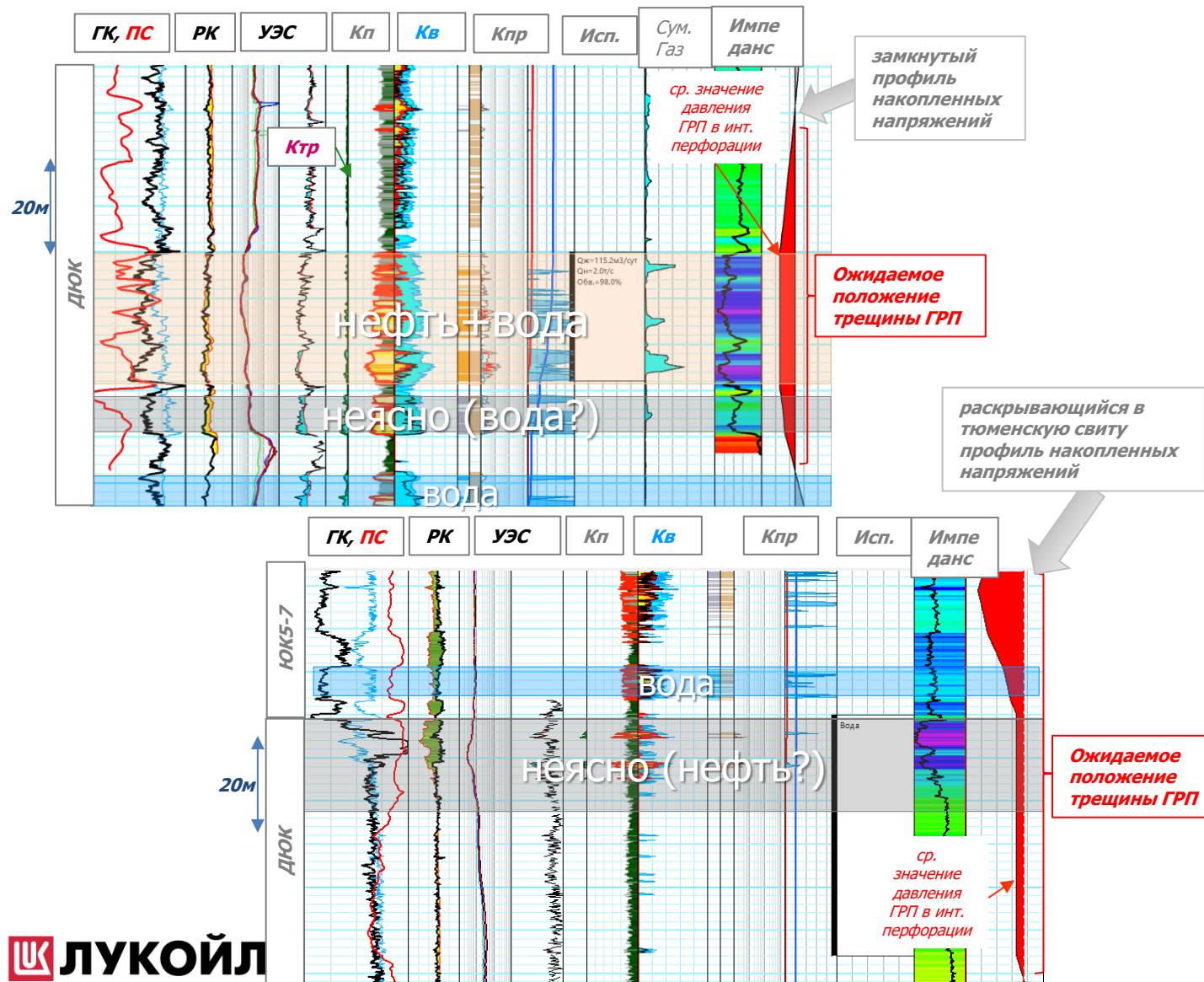
- ❑ Расчет $K_{\text{п}}$ по двум методикам Дахнова-Арчи и МПЗ позволяет количественно оценивать характеристики трещиноватости.
- ❑ Для этого задействуется формула для хаотичного распределения трещин, иллюстрирующая правило Кирхгофа, где в качестве УЭС матрицы ($\rho_{\text{м}}$) принимается величина, полученная обратным пересчетом с параметрами Дахнова-Арчи из водонасыщенности по МПЗ.
- ❑ Полученные величины ёмкости трещин в целом согласуются с теоретическими представлениями и результатами, получаемые по данным электрических пластовых имиджеров.
- ❑ Применение формулы Тиба-Доналдсона позволяет выйти на оценку проницаемости трещин, результаты которой в целом согласуются с материалами гидродинамических исследований.

Пример выделения трещинной составляющей



Аспект №6. Прогноз положения трещины ГРП.

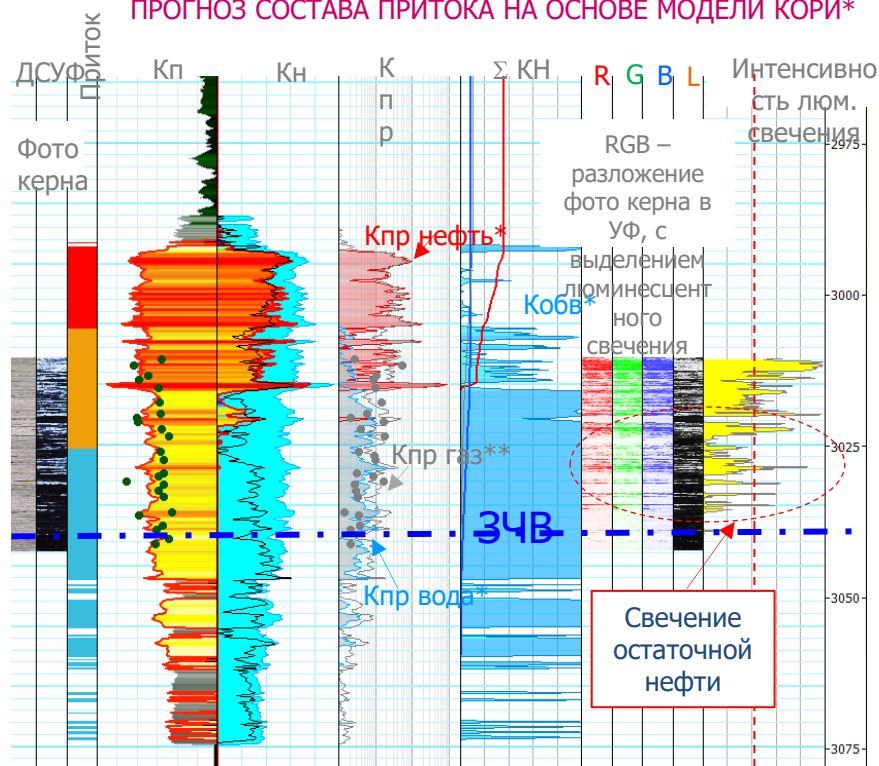
ПРИМЕРЫ ПРОРЫВА ТРЕЩИНЫ ГРП В ВОДОНОСНЫЕ ПЛАСТЫ



- ❑ Для целей выбора интервала перфорации в условиях последующего ГРП показано геомеханическое моделирование для прогнозирования будущего положения трещины ГРП.
- ❑ Для этого проводится 1D – геомеханическое моделирование с расчетом давления ГРП.
- ❑ Для прогнозирования положения трещины ГРП предлагается построить профиль накопленных напряжений относительно среднего значения в интервале перфорации.
- ❑ Если для профиль замыкается вертикальной направляющей в нефтенасыщенной части, то положение перфорации считается приемлемым и можно подобрать соответствующий дизайн ГРП.
- ❑ Если профиль накопленных напряжений раскрывается или захватывает водоносную часть, то положение перфорации для последующего ГРП не является оптимальным и скважина с большой вероятностью будет обводнённой.

Аспект №7. Модель Кори прогнозированию состава притока

ПРОГНОЗ СОСТАВА ПРИТОКА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ КОРИ*



МОДЕЛЬ КОРИ ДЛЯ ПРОЦЕССА ДРЕНИРОВАНИЯ

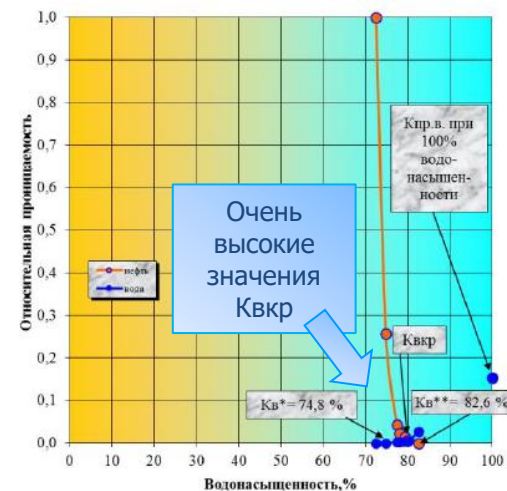
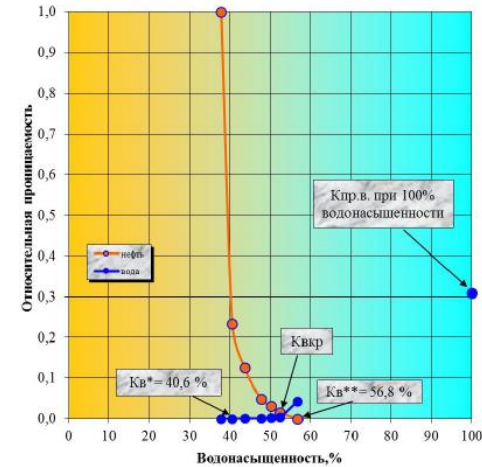
$$k_{обв} = \frac{kh_H}{\mu_H}, \quad \frac{kh_H}{\mu_H + \frac{kh_B}{\mu_B}}$$

$$Krw(Sw) = \left(\frac{Sw - Swc}{1 - Swc} \right)^{n_w}$$

$$Kro(Sw) = Kro(Swc) \left(\frac{1 - Sw}{1 - Swc} \right)^{n_o}$$

Sw, Swc – фактическая и остаточная водонасыщенность;
nw и no – калибровочные параметры.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОФП



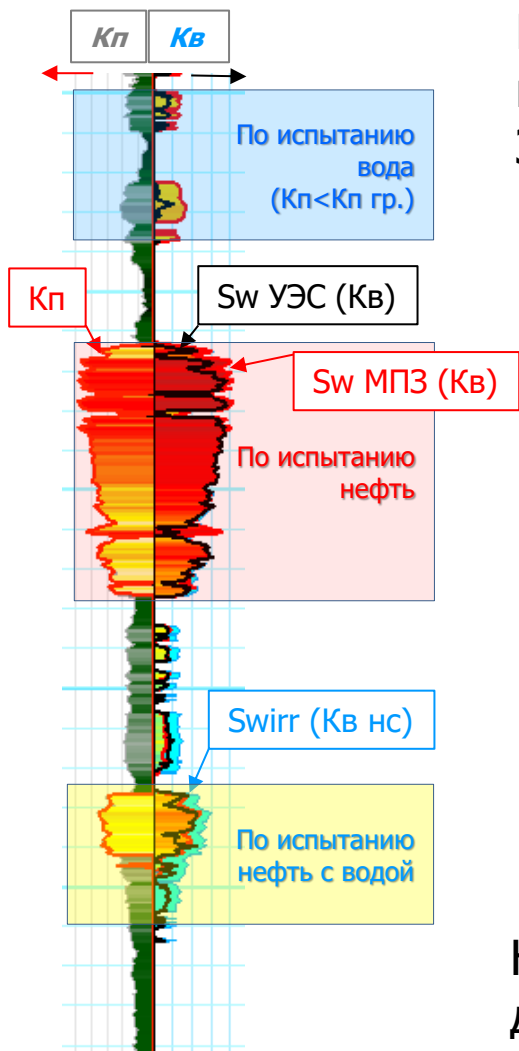
- ❑ Недонасыщенный характер залежей в ДЮК и наличие в них протяженных переходных зон, размер которых достигает десятков метров обязывают разрабатывать методы прогноза состава притока.
- ❑ Формирование залежи для гидрофильных пород контролируется процессом дренирования, а выработка – процессом впитывания.
- ❑ Для прогноза предлагается использовать модель Кори как одну из наиболее известных*.
- ❑ Для ее применения сперва определяются относительные фазовые проницаемости, потом коэффициент обводненности рассчитывается как отношение накопленной фазовой проницаемости по нефти к суммарной по нефти и воде.

Заключение и выводы

Внимание посвящено 7-ми методологическим аспектам изучения вулканогенно-обломочных коллекторов доюрского комплекса Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна:

1. Учёту вариативности плотности скелета породы при определении пористости.
2. Фокусу на статистические критерии при обосновании величины граничной пористости
3. Определению нефтенасыщенности по данным капилляриметрических исследований
4. Подбору уровня зеркала чистой воды для модели переходной зоны.
5. Количественной оценке трещиноватости.
6. Прогнозу положения трещины ГРП.
7. Модели Кори прогнозированию состава притока.

Найденные решения позволяют повысить надёжность и достоверность при определении подсчетных параметров, а также дают возможность прогнозирования разработки.





Всегда в движении!

