

## ПЛОТНОСТНЫЙ И НЕЙТРОННЫЙ КАРОТАЖ

Кривые пористости плотностного и нейтронного каротажа могут потребовать корректировки в случае плохой калибровки инструмента, неправильного выполнения экологических поправок или невозможности их выполнения из-за недостатка информации. Для наблюдения за результатами этих каротажей от скважины к скважине рекомендуется построить графики взаимосвязи ГГКп (плотностной гамма-гамма каротаж) – КНПК (коэффициент пористости по нейтронному каротажу), что позволяет выполнить более точный анализ ожидаемого поведения по обеим кривым в подходящих для соответствующей калибровки зонах, которые, в частности, в нашем случае являются интервалами лютитов/сланцев формации Кубагуа, так как реакция этих кривых в песчаниках может значительно варьироваться от одной скважины к другой в зависимости от различных факторов, таких как различные глубины отбора проб фильтрата бурового раствора и изменения литологических параметров или содержания жидкости. Кроме того, в дополнение к анализу графиков ГГКп-КНПК по нескольким скважинам, целесообразно рассмотреть средние значения этих кривых в зонах лютитов/сланцев, чтобы подтвердить подлежащие внесению поправки.

Как уже упоминалось выше, на стадии/этапе «Проверка/контроль качества информации» была обнаружена аномалия в нейтронном каротаже скважины РА 4. Эта кривая ранее уже была нормализована, однако эта нормализованная кривая не была найдена в базе геологических данных, поэтому было решено повторить этот процесс.

На графике взаимосвязи ГГКп-КНПК (рисунок 1, левая часть) отчетливо наблюдается, что кривая КНПК скважины РА 4 (облако точек красного цвета) сдвинута вправо относительно кривой ГГКп скважины РА 3 (облако точек синего цвета), которая была взята за образец, поскольку кривые хорошо согласуются с остальной частью скважин месторождения Патао.

## ДВУМЕРНАЯ МОДЕЛЬ СКОРОСТЕЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ ПРОСТУЮ ФУНКЦИЮ СКОРОСТЕЙ

Данная методика основана на создании карт средних скоростей (получаемых из соотношений времени и глубины по каждой из скважин) через расчёт простой многочленной функции или уравнения с общим характером для всей исследуемой области. Для этого используются законы скоростей, относящиеся к 6 пробуренным в районе Патао скважинам, а также информация о скоростях скважин DR2 и DR11 для контроля скоростей в самой восточной части месторождения. На рисунке 2 показан график поля средних скоростей волны сжатия « $V_{\text{сред}}$  в фут/с» относительно полного времени пробега «ПВП в мс», от 716 мс до 3380 мс.

На предыдущем рисунке отображается типичный общий тренд увеличения скоростей « $V_{\text{сред}}$ » вместе с временем «ПВП». Важно отметить, что красный сектор ниже 716 мс, обозначенный как «Невключённая зона», соответствует средним скоростям, которые ниже скорости волны Р в соленой воде (4921,26 фут/с).

Средние скорости в интервале от 716 мс до 2000 мс (желтый сектор), контролируются законом скорости скважины ПА 2, поскольку это единственный ствол месторождения Патао, по которому имеется сейсмический профиль (сейсмический каротаж).

В то же время, диспозиция средних скоростей за период времени от 2 секунд до 3880 мс, представлена информацией по всем участвующим в исследовании скважинам (в общей сложности 8 скважин). Визуально наблюдается, что в интервале коллектора (в рамках от 2 сек до 2,5 сек) средние скорости варьируются в диапазоне от 6400 фут/с до 6900 фут/с, и эти изменения могут быть связаны с глубинами, имеющими различную плотность.

## ВЫБОР СТРУКТУРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ (FRAMEWORK)

Для того, чтобы определить, какими будут поверхности (структурные горизонты), которые будут задействованы в модели, очень важно выполнить качественный анализ поведения и вертикальной изменчивости градиента интервальных скоростей ( $V_{int}$ ), рассчитанных на основе звуковых/акустических каротажей волн сжатия (DT), профилированных по всем участвующим в исследовании скважинам, в зависимости от их глубины.

Скорость  $V_{int}$  является внутренним параметром породы, изменчивость которого с точки зрения градиента подчинена коренным образом литологически существенным изменениям. На рисунке 43 отображено графическое представление каротажей  $V_{int}$  в зависимости от глубины, соответствующих всем скважинам, которые будут задействованы в трёхмерной модели скоростей.

В общих чертах, можно выделить семь (7) существенных тенденций, которые характеризуют вертикальное поведение литологических скоростей ( $V_{int}$ ) в исследуемой области. В этой связи, ниже приводится описание каждой из этих тенденций (рисунок 44).

**Поверхностный интервал:** здесь можно отметить две (2) основные тенденции, связанные с градиентом особых скоростей. Первая из этих тенденций ограничена диапазоном от нулевой точки (0) до, приблизительно, структурного верха блока SM4, а вторая идёт от блока SM1 до структурного верха блока SB2. В применении к менее глубокой тенденции означенное поведение может быть связано с литологической изменчивостью (чередованием глинистых и песчаных пород). Что касается поведения, относящегося к нижней тенденции, изменение, скорее всего, в основном связано с формационными изменениями (блок SM1 представляет собой низ формации/свиты Кумана и верхнюю часть формации/свиты Кубагуа – верхний плиоцен).

## ИСПЫТАНИЕ PAS1T2: 7547' – 7555', 7566' – 7570' ФУТОВ

В ходе испытания PAS1T2 на скважине Патао-Сур-1 был оставлен вскрытым ранее перфорированный интервал (7566'- 7570'), и был перфорирован другой интервал (7566'-7560') для проведения исследования .

"Наращивание", которое было использовано для этого анализа, было относительно коротким (7-8 часов), однако этому предшествовали периоды длительностью в 6 и 5 часов открытия и закрытия потоков. "Снижение уровня" перед окончательным закрытием показывает тенденцию к образованию стабильных условий, а "наращивание", использованное для окончательного анализа скважины, было задано типовой кривой, которая сверялась таким образом, чтобы можно было выполнить промежуточный анализ Bourdet. Измеренная максимальная скорость потока газа составила 26,5 млн куб. фут./сут.

Как видно из рисунка 15, где показан общий вид испытания, в начале наблюдается несогласованность поведения точек давления с поведением точек давления остальной части теста. Это может быть вызвано некачественным периодом очистки перед началом испытания, или каким-либо изменением расположения датчика, о котором не было сообщено, что могло привести к большему значению забойного давления и, соответственно, к наблюдаемым ошибочным измерениям давления. По этой причине начальное давление испытания может быть связано с высокой степенью неопределенности и оно не должно приниматься во внимание при составлении модели давлений месторождения.

Выполненное испытание соответствовало изохронному типу, для этой цели были дополнительно перфорированы ещё 4 фута к уже перфорированным 8 футам Песчаника CUB-FM (по текущей номенклатуре) интервала 7566'-7560'; перфорация была выполнена с плотностью 4 выстрела на фут зарядами диаметром 2 1/8", то есть, испытание было проведено на 12 футов перфорированного песчаного отложения. На приведенном ниже рисунке показана полная последовательность испытания, и где можно наблюдать периоды времени открытия и закрытия потока, происходивших в ходе испытания.