

**ПОСТРОЕНИЕ ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ  
МОДЕЛИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ПО ДАННЫМ  
ОГРАНИЧЕННОГО КОМПЛЕКСА ГИС**

В.И. Митасов\*, И.А. Кушмар\*, Н.Н. Митасова\*,  
Л.Р.Клятышева\*, Г.А.Хохлов.\*\*

*\*ВНИГРИ, г. Санкт-Петербург, \*\*ФГУП Иркутскгеофизика.*

**DEVELOPING THE GEOACOUSTIC MODEL OF CARBONATE  
ROCKS ON THE DATA OF A LIMITED WELL LOGGING COMPLEX**

*V.I. Mitasov\*, I.A. Kushmar\*, N.N. Mitasova\*,  
L.R. Klyatysheva\*, G.A. Khokhlov.\*\**

*\*VNIGRI, St. Petersburg, \*\*FGUP Irkutskgeophysicka, Irkutsk*

**Аннотация.** Акустическая жесткость (волновое сопротивление) изучаемой среды является одним из основных параметров геоакустической модели. При наличии плотностного и акустического методов каротажа ее определение тривиально и сложностей не вызывает. В случае отсутствия данных метода ГГКП задача существенно усложняется. В настоящей работе рассматриваются методические приемы и точность определения плотности карбонатных горных пород по данным ограниченного комплекса ГИС (НК-АК).

**Abstract.** The acoustic (wave) impedance of the medium under study is one of the major parameters of a geoacoustic model. With the availability of density and acoustic logging data its determination is trivial and doesn't present difficulties. In the absence of gamma-gamma-ray density logging data the problem becomes more complicated. The methodical ways and precision of determining the density of carbonate rocks on the data of a limited well logging complex (neutron – acoustic logging) are considered.

К основным параметрам геоакустической модели, которые могут быть определены по данным акустического и гамма-гамма плотностного методов каротажа относятся: скорость распространения упругих колебаний в пластах (пластовые скорости); акустическая жесткость (волновое сопротивление) изучаемой среды; коэффициенты отражения и преломления упругих волн.

Коэффициенты отражения ( $K_{отр}$ ) и преломления ( $K_{пр}$ ) упругих волн на границе двух пластов представляет собой отношение амплитуд отраженной или преломленной волн к амплитуде падающей волны. Аналитически они могут быть выражены формулами:

$$K_{отрi} = A_{отр}/A_{пад} = (G_{п_{i+1}} - G_{п_i}) / (G_{п_{i+1}} + G_{п_i})$$
$$K_{прi} = A_{пр}/A_{пад} = 2 * G_{п_i} / (G_{п_{i+1}} + G_{п_i})$$

Здесь для обеих формул:  $G_{пi}$  – акустическая жесткость покрывающего пласта;  $G_{пi+1}$  – то же подстилающего пласта.

Акустическая жесткость есть произведение пластовой скорости на плотность:  $G_{п} = V_{п} * \rho_{п}$  (здесь:  $\rho_{п}$  - плотность пласта). Пластовые скорости разреза довольно уверенно определяются по кривой интервального времени, регистрируемой при АК. При наличии плотностного каротажа эта задача решается тривиально и обычно никаких сложностей не вызывает.

Ситуация коренным образом меняется при отсутствии ГГКП, что является типичным случаем в практике каротажа. Это обусловлено, во-первых, отсутствием соответствующей аппаратуры, применяемой в старом фонде скважин (до середины 80-х гг прошлого века) и который в настоящее время оказался весьма востребованным. Во-вторых, даже в скважинах нового фонда применение ГГКП часто ограничено продуктивными или перспективными интервалами. Однако для целей сейсморазведки необходимо иметь данные о плотностных свойствах всего разреза в целом. В таких случаях для их определения используются методы корреляционного анализа и строятся многомерные зависимости, связывающие показания таких методов как ГК, НК, АК, ЭК с плотностью пород. Однако такой способ не лишен весьма существенных недостатков, основным из которых является диаметрально противоположное влияние различных литологических компонент на показания методов ГИС. В итоге получается, как правило, слабо коррелируемое облако точек, что не позволяет определить неизвестный геофизический параметр по известному.

Примером может служить график на (рис. 1), где представлена зависимость показаний акустического, гамма-гамма-плотностного и нейтронного методов каротажа. Казалось бы, что при сопоставлении двух геофизических параметров (плотности и водородосодержания), зависящих от одних и тех же величин (пористости и объемных содержаний минералов твердой компоненты породы) должна устанавливаться прямая корреляционная зависимость, которую можно было бы использовать при определении расчетных (теоретических) значений плотности по показаниям нейтронного метода. Однако фактически такая зависимость не устанавливается.

Отсюда следует вывод о необходимости разработки иных, отличных от использования корреляционных связей, способов расчета теоретических значений плотности пород по данным комплекса методов ГИС, в котором отсутствует ГГКП. Очевидно, что использование для этих целей электрометрических методов весьма спорно, т.к. их показания зависят преимущественно от объема и структуры пор и мало зависят от минералогического состава изучаемых горных пород.

Поэтому из всего многообразия методов ГИС для целей моделирования плотности горных пород необходимо использовать такие, показания которых обусловлены не только емкостными свойствами горных пород, а также и их минеральным составом. К таковым относятся так называемые методы «литология-пористость»: АК-НК-ГГК. При этом, комплекс всех трех методов назовем полным, а комплекс, в котором отсутствует ГГКП - ограниченным.

Набор этих методов позволяет с достаточной для практических нужд точностью определить минеральный состав и пористость изучаемых горных пород. Пример подобного определения по данным полного и ограниченного комплекса методов приведен на рис. 2. Как следует из качественного анализа рисунка, минеральный состав, определенный полным и ограниченным комплексом методов достаточно хорошо совпадает между собой (колонки «**Объемная модель по ГГК-НК-АК**» и «**Объемная модель (без ГГК)**»). Этот же вывод подтверждается и характером дифференциальных распределений объемных содержаний основных породообразующих минералов, определенных по ГИС и керну (рис. 3).

Пример определения плотности пород по найденным значениям пористости и объемным содержаниям основных породообразующих минералов, слагающих карбонатную породу, приведен на рис. 4. Как следует из рисунка, расхождение между замеренными и вычисленными значениями плотности для трех методов соизмеримо с доказанной точностью измерений методом ГГКП и равно  $\pm 0.05 \text{ г/см}^3$ . Аналогичное расхождение для двух методов пористости равно, соответственно,  $\pm 0.125 \text{ г/см}^3$ , что не превышает тройной погрешности измерений методом ГГКП и вполне достаточно для практических нужд.

Расчетные значения плотности, полученные в соответствии с вышеописанными методическими приемами, в совокупности с пластовыми скоростями, могут быть использованы для определения волновых сопротивлений, а также коэффициентов отражения и прохождения. В свою очередь, соотношение коэффициентов отражения и преломления формирует характер сейсмического волнового поля и в простейшей модификации может быть использовано для построения синтетических сейсмограмм. Пример построения синтетической сейсмограммы приведен на рис. 5.

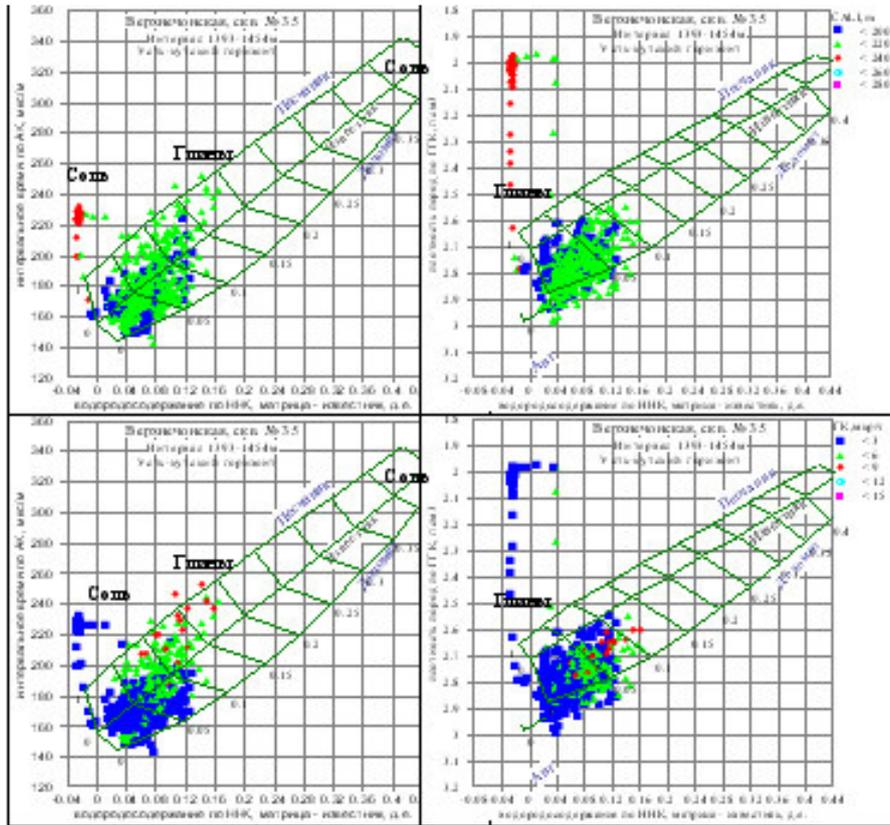


Рис. 1. Характер распределения индикационных точек в поле интерпретационных палеток, связывающих показания методов ГТК-АК-НК. Скв. № 35 Верхнечонская, Нелско-Ботубинская антеклиза, усть-куский горизонт.

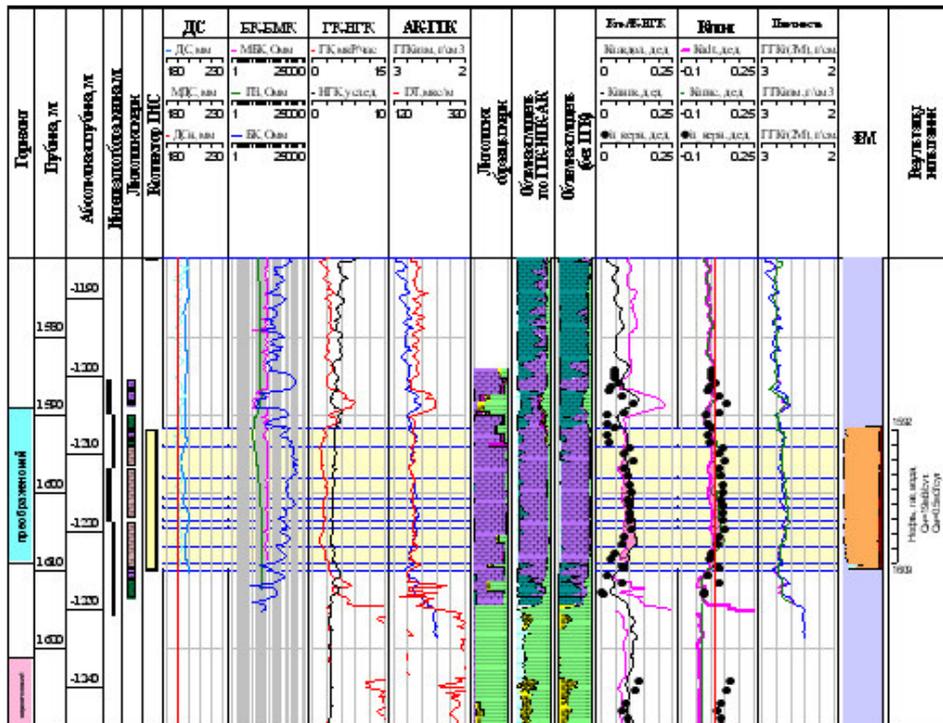


Рис. 2. Литологический состав и емкостные свойства горных пород по комплексу методов ГТК-НК-АК и НК-АК. № 35 Верхнечонская, Нелско-Ботубинская антеклиза, преображенский горизонт

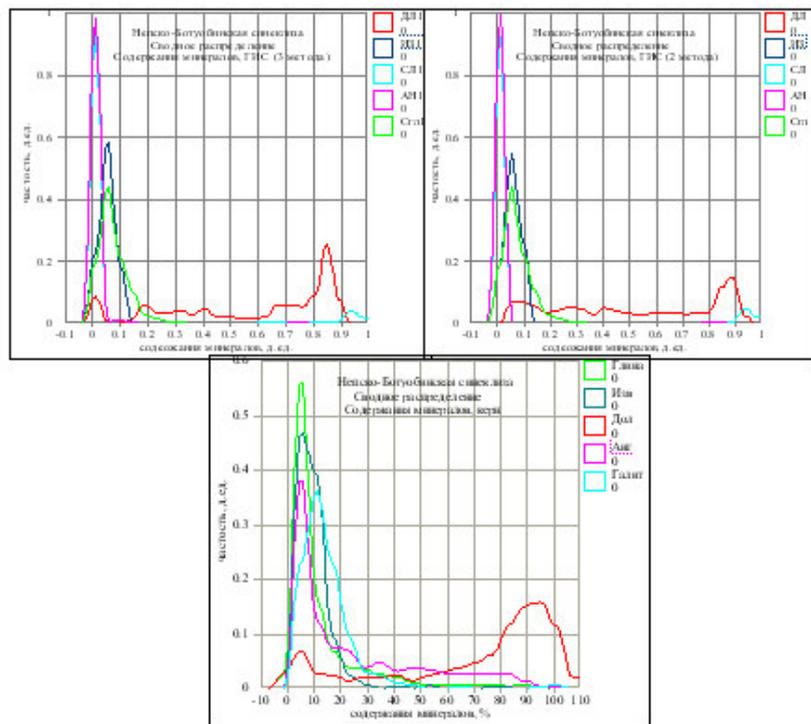


Рис. 3. Сводные распределения содержания основных породообразующих минералов по данным полного, ограниченного комплексов ГИС и керна. Скв. № 35 Верхне-чонская, Непско-Ботубинская синеклиза.

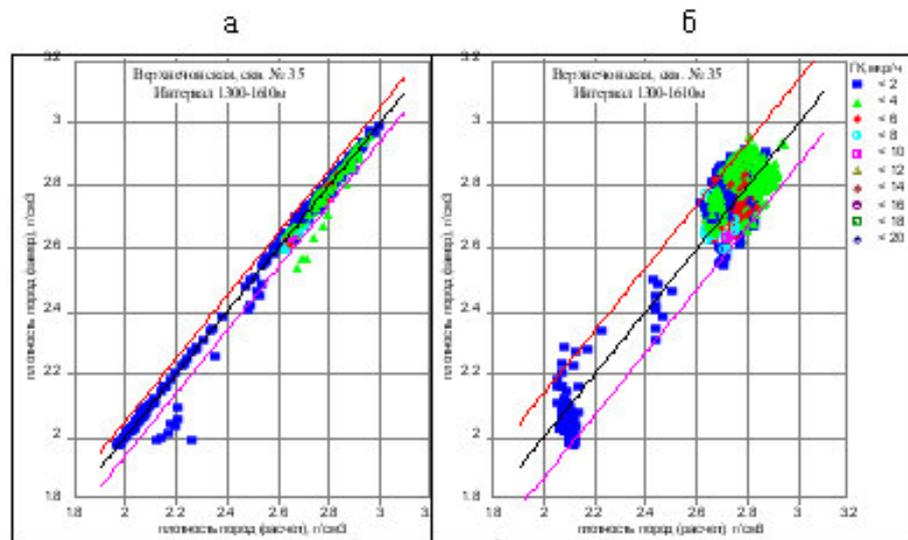


Рис. 4. Сопоставление замеренных и расчетных значений плотности пород, вычисленных по данным полного (а) и ограниченного (б) комплексов ГИС. Скв. № 35 Верхне-чонская Непско-Ботубинская синеклиза. Шифр точек – естественная радиоактивность.

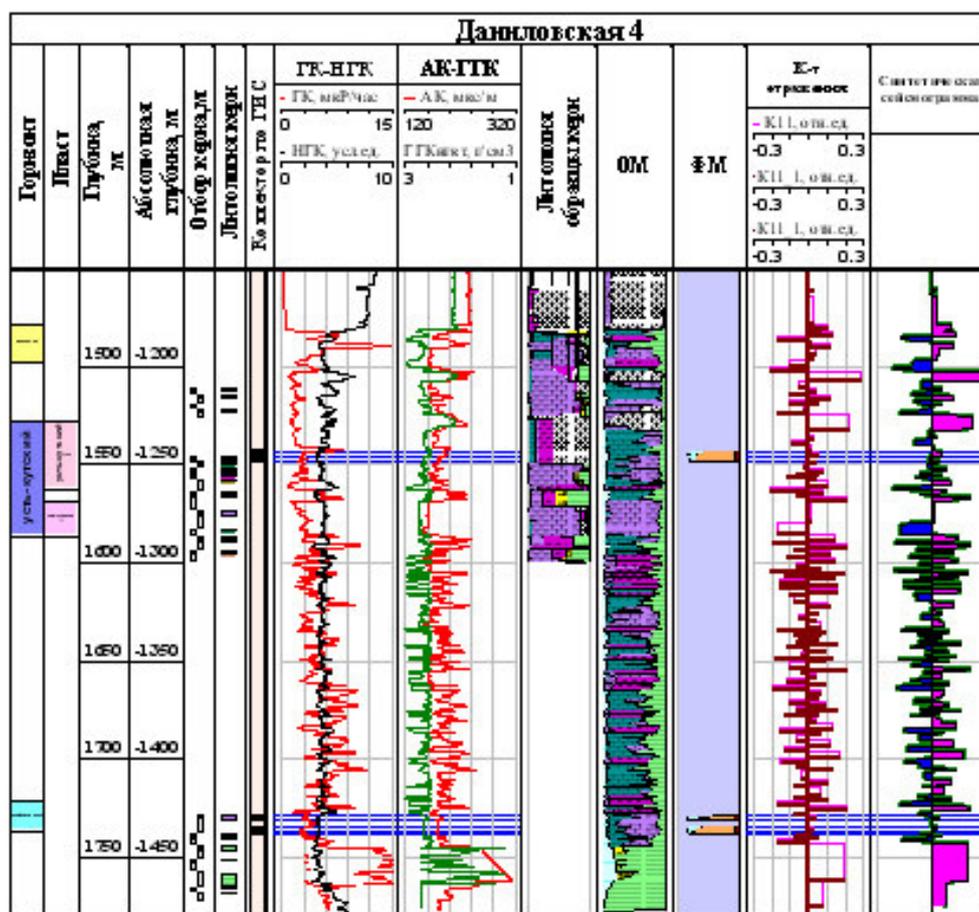


Рис. 5. Геолого-геофизическая характеристика с элементами геоакустической модели по скв. № 4 Даниловская, Нелско-Ботубинская янте клиза.