

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ НЕЙТРОННОГО КАРТАЖА  
ПРИ ПОСТРОЕНИИ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ  
НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

USING THE DATA OF NEUTRON LOGGING FOR CONSTRUCTING SEISMIC AND  
GEOLOGICAL MODELS OF OIL AND GAS IN WESTERN SIBERIA OBJECTS

**С. К. Туренко, Е. А. Черепанов**

S. K. Turenko, E. A. Cherepanov

*Тюменский государственный нефтегазовый университет г. Тюмень  
Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г.Тюмени*

*Ключевые слова: нейтронный картаж; сейсмогеологическая модель;  
акустический картаж; плотностной картаж*

*Key words: neutron logging; seismogeological model; acoustic logging; density logging*

Построение сейсмогеологических моделей основывается на данных акустического каротажа (АК) и гамма-гамма-плотностного каротажа (ГГК-П) в скважинах.

В случае отсутствия в скважинах данных АК и ГГК-П представляется целесообразным для повышения качества сейсмогеологической модели восстановить данные АК и ГГК-П по данным других методов ГИС.

В настоящее время известны различные методики восстановления акустических и плотностных свойств разреза по данным ГИС, накоплен большой опыт использования таких методик при решении практических задач на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь».

В данной работе рассмотрены некоторые, эффективно используемые в Западной Сибири методики восстановления АК и ГГК-П с использованием данных нейтронного каротажа (НКТ)

*Восстановление акустических параметров в скважине.* Проведенные ранее исследования и накопленный практический опыт показывают, что наилучшей корреляцией с АК обладают показания нейтронных (НКТ) и электрометрических методов — кажущегося сопротивления (КС). При этом НКТ обладают лучшей корреляцией с АК по сравнению с КС.

В рассматриваемой методике восстановление кривых АК ( $\Delta T$ ) в интервалах отсутствия их регистрации проводится на основе эмпирической зависимости вида  $\Delta T = f(J_n, H)$ , где  $J_n$  — показания нейтронного метода,  $H$  — глубина. Для построения зависимости выбирается скважина с хорошим качеством записи методов АК и НКТ. Как правило, это эталонная скважина с наличием исследований керна. Пример такой

зависимости  $\Delta T = 14225 * Jn^{-0,7} * H^{-0,33}$  для одного из месторождений приведен на рис. 1. Связь между параметрами АК и НКТ довольно тесная и имеет высокий коэффициент корреляции  $R = 0,78$ . Чтобы добиться такой тесной связи, необходимо предварительно кривые АК и НКТ увязать между собой по глубине, а кривую АК обработать от срывов записи, вызванных кавернами и аппаратурными ошибками. Подробнее об обработке кривых АК изложено в работе [1].

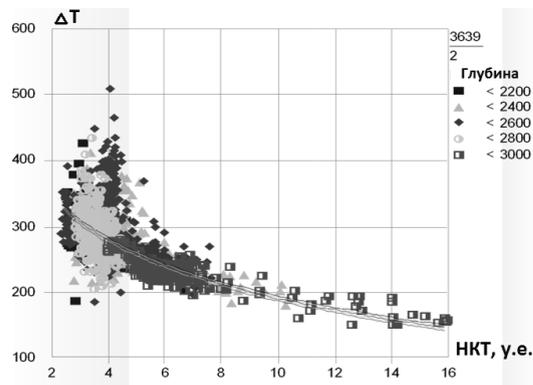


Рис. 1. Пример зависимости  $\Delta T = f(Jn, H)$

Сопоставление восстановленных и зарегистрированных кривых АК приводится на рис. 2. Из рисунка видно, что рассчитанные кривые меньше подвержены влиянию каверн и срывам записи при аппаратурных ошибках. Это связано с тем, что на исходную кривую НКТ каверны не оказывают такого большого влияния, как на АК.

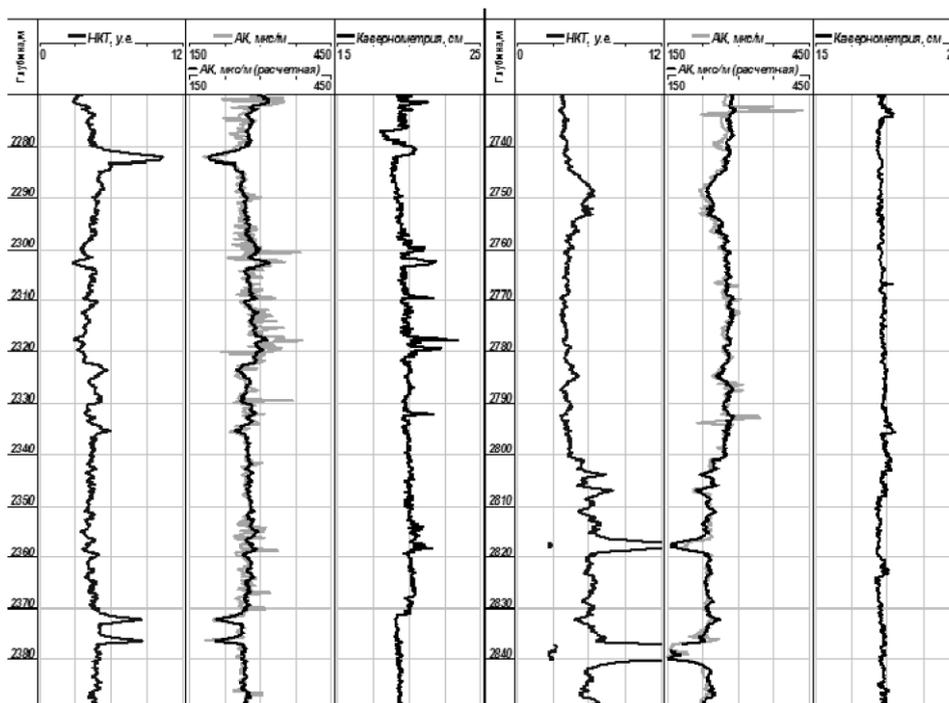


Рис. 2. Пример сопоставления рассчитанных и зарегистрированных кривых АК

Данная методика позволяет восстанавливать участки отсутствия записи кривых и всю кривую целиком для скважин, где регистрация АК не производилась.

Восстановление плотностных параметров в скважине. Одной из широко известных методик восстановления плотностных параметров в скважине является методика Gardner L. W. [2], который в 1974 году установил зависимость между скоростью ( $v$ ) сейсмической Р-волны и плотностью ( $\sigma$ ) для различных типов осадочных пород

$$\sigma = a * v^b, \quad (1)$$

где  $\sigma$  — плотность, г/см<sup>3</sup>;  $v$  — скорость, м/с;  $a$  и  $b$  — зависящие от литологии коэффициенты (для песчано-глинистого разреза  $a = 309,545$ ;  $b = 0,25$ ).

Скорость Р-волны можно определить из показаний интервального времени зонда АК по следующему уравнению:

$$v = 10^6 / AK. \quad (2)$$

Попытки использовать уравнение (1) для восстановления кривой плотности ГГК-П показали, что данный метод является сильно обобщенным, и при работе с конкретными объектами его использовать нежелательно.

Уравнение Gardner L. W. имеет тенденцию к завышению плотности песчаников и занижению плотности глинистых сланцев (Воскресенский Ю. Н., 2001 г.). Поэтому, когда нужны более точные оценки плотностей, стремятся выявить эмпирические зависимости, используя данные конкретного района.

В данной работе предлагается развитие методике Gardner L. W., позволяющее строить зависимость  $\sigma = f(v)$  с учетом литологии.

Предлагается в уравнении (1) постоянную величину  $a$  заменить на переменную, зависящую от литологии и глубины. Для этого из выражения (1) выразим величину  $a$  и по данным метода ГГК-П и АК в эталонной скважине рассчитаем значения  $a$  для каждой литологической разности с учетом глубины.

$$A(K, H) = \frac{\sigma_{(K,H)}}{v^b_{(K,H)}}, \quad (3)$$

где  $K$  — индекс литологической разности;  $H$  — глубина, м.

Результатом является кривая  $A$ , представленная на рис. 4. Для терригенного разреза значения  $A$ , полученные указанным способом, меняются в пределах от 280 до 340 в зависимости от литологии горных пород, причем в интервалах каверн эта величина может снижаться до 220.

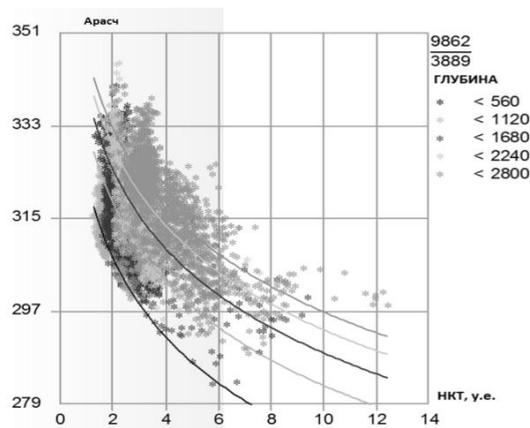
Экспериментальным путем получена зависимость между кривой нейтронного каротажа (НКТ) и расчетной кривой  $A$  с учетом глубины (рис. 3):

$$A_{расч} = -50,1 * \lg(\text{НКТ}) + 35,85 * \lg(H) + 224,3. \quad (4)$$

В результате известное уравнение (1) Gardner L. W. оказывается адаптированным к конкретному геологическому разрезу

$$\sigma = A_{расч} * v^b. \quad (5)$$

Рис. 3. Зависимость между кривой нейтронного каротажа (НКТ) и расчетной кривой Арасч с учетом глубины



На рис. 4 показана переменная  $A(K, H)$  из уравнения (3) и расчетная ( $A_{расч.}$ ) из уравнения (4). Также на рис. 4 показаны три кривые плотности, приведенные в едином масштабе:

- кривая ГГК-П, зарегистрированная в скважине;
- рассчитанная кривая плотности по методике Gardner L. W.;
- плотность по усовершенствованной методике Gardner L. W.

На рис. 5 приведены кросс-плоты сопоставления зарегистрированных кривых ГГК-П и восстановленных: а — ГГК-П восстановлено по методике Gardner L. W. по известной формуле, б — ГГК-П восстановлено по усовершенствованной методике Gardner L. W.

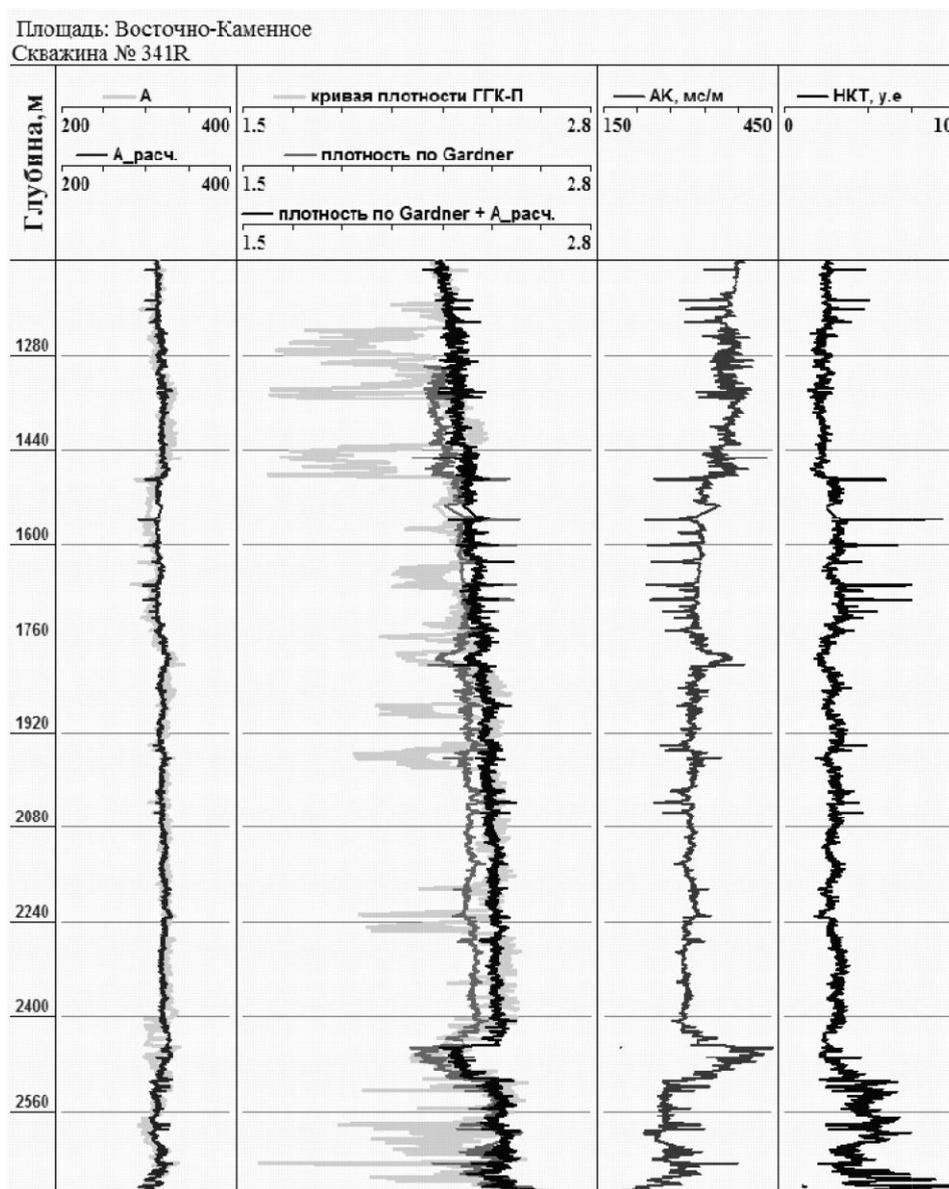
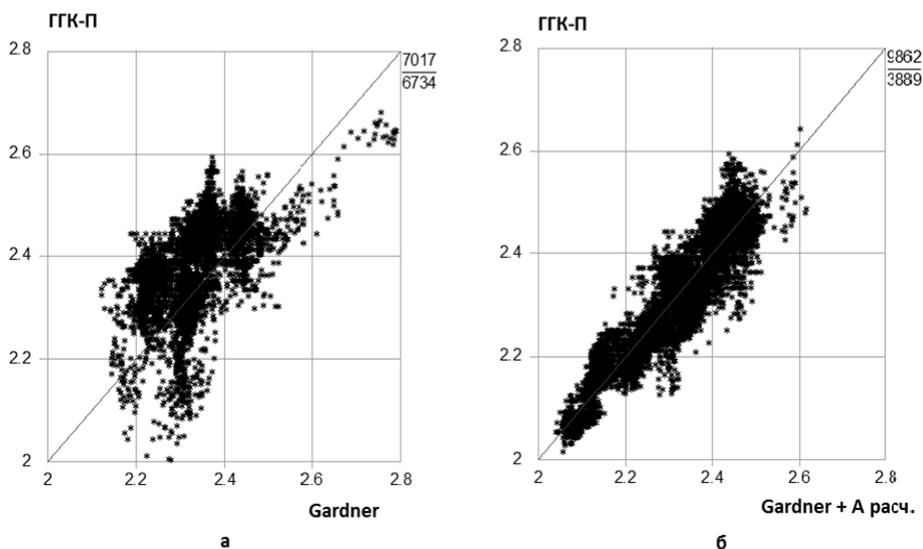


Рис. 4. Пример настройки усовершенствованной методики автора Gardner L. W. в эталонной скв. 341 Восточно-Каменной площади Красноленинского месторождения

Из анализа примера, показанного на рисунке 4, и сопоставлений рисунка 5 видно, что восстановленная кривая плотности по новой методике больше соответствует зарегистрированной кривой ГГК-П в скважине, что подтверждает эффективность предложенной методики, учитывающей геологические особенности строения разреза в скважине. Предложенный подход можно применять в скважинах, где отсутствует запись ГГК-П, и имеются данные НКТ.



*Рис. 5. Сопоставление кривых плотности в скважине, а – ГГК-П и Gardner по известной формуле, б — ГГК-П и Gardner по усовершенствованной методике*

*Восстановление АК и ГГК-П из кривой НКТ.* Скважины, в которых отсутствуют записи методов АК и ГГК-П, следует исключать из работы на этапе построения глубинно-скоростной модели месторождения. Однако при достаточно редкой сети скважин исключение даже одной скважины может отрицательно повлиять на результат подобных построений. При наличии в такой скважине записи методом НКТ можно по представленным выше методикам восстановить акустические и плотностные характеристики разреза. На первом этапе восстанавливается кривая АК из НКТ, на втором — из НКТ и расчетной АК, по усовершенствованной формуле Gardner L. W. (5) рассчитывается кривая ГГК-П.

Качества таких восстановленных кривых АК и ГГК-П будет достаточно для решения задачи привязки данных сейсморазведки к ГИС.

Таким образом, рассмотрены две методики использования данных нейтронного каротажа при построении сейсмогеологических моделей нефтегазовых объектов Западной Сибири. Первая методика — восстановление акустических свойств в скважине по данным нейтронного каротажа. Для восстановления используется эмпирическая зависимость в эталонной скважине. Вторая методика — развитие известной методики Gardner L. A. определения плотностных свойств по данным акустического каротажа. При этом данные нейтронного каротажа используются для учета литологии разреза. Комбинирование указанных методик позволяет восстанавливать акустические и плотностные свойства разреза только по данным нейтронного каротажа. Практическая апробация данных методик показала их эффективность.

#### *Список литературы*

1. Туренко С. К., Черепанов Е. А. К оценке качества результатов обработки данных ГИС с позиции построения сейсмогеологических моделей // Современные технологии сбора, обработки и интерпретации геолого-геофизических данных. Сборник докладов совещания-семинара. – Тюмень, 2015. – С. 43-47.
2. Formation velocity and density – the diagnostic basics for stratigraphic traps / Gardner G. H. F., Gardner L. W., Gregory A. R. – GEOPHYSICS 39, декабрь 1974. – С. 770-780.

***Сведения об авторах***

***Туренко Сергей Константинович***, д. т. н., зав. кафедрой «Прикладная геофизика», Тюменский государственный нефтегазовый университет г. Тюмень, тел. 8(3452)390341, e-mail: [turenko@tsogu.ru](mailto:turenko@tsogu.ru)

***Черепанов Евгений Александрович***, аспирант, начальник отдела промыслово-геофизического сопровождения сейсмических проектов и геологоразведочных работ, Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИ-нефть» в г. Тюмени, тел. 8(3452)545192, e-mail: [CherepanovEA@tmn.lukoil.com](mailto:CherepanovEA@tmn.lukoil.com)

***Information about the authors***

***Turenko S. K.***, PhD, Head. Chair of «Applied Geophysics», Tyumen State Oil and Gas University in Tyumen, phone: 8(3452)390341, e-mail: [turenko@tsogu.ru](mailto:turenko@tsogu.ru)

***Cherepanov E. A.***, Head of geophysical seismic support projects and exploration branch of ООО «LUKOIL-Engineering» «KogalymNIPIneft» in Tyumen, phone: 8(3452)545192, e-mail: [CherepanovEA@tmn.lukoil.com](mailto:CherepanovEA@tmn.lukoil.com)