

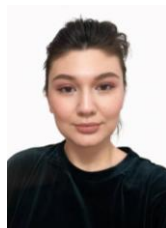
УДК: 550.832.04

 10.70769/3030-3214.SRT.4.3.2026.36

© 2026 Authors. Licensed under CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО КАРОТАЖА ДЛЯ БУХАРА-ХИВИНСКОГО РЕГИОНА ПУТЕМ СРАВНЕНИЯ РЕАЛЬНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ КРИВЫХ



Гайратова Малика Зокировна

Высшее образование, техник-геофизик, АО «Узбекгеофизика», Ташкент, Узбекистан

E-mail: malikakarimova555@gmail.com

ORCID ID: 0009-0006-6544-3760

Science ID: PTN-0826-0013

Аннотация. В работе рассматривается задача восстановления отсутствующих или низкокачественных данных акустического каротажа применительно к условиям Бухара-Хивинского региона. Цель исследования состоит в сопоставлении двух подходов к построению синтетической акустической кривой — метода Залеева и метода Фауста — и определении варианта, обеспечивающего наиболее близкое соответствие исходным данным опорной скважины. Для расчётов использованы данные геофизических исследований, представленные в LAS-файле и обработанные в программе «Камертон». Для каждого подхода построена синтетическая кривая, после чего выполнено графическое сопоставление с исходной кривой и рассчитан коэффициент корреляции. Для метода Залеева получено значение 0,84, тогда как применение метода Фауста обеспечило корреляцию 0,88. Полученные результаты показывают более высокую степень соответствия синтетической кривой исходным данным при использовании метода Фауста. Дополнительно отмечена необходимость учитывать изменение физических свойств разреза с глубиной, в частности градиент уплотнения. Результаты могут быть использованы при восстановлении акустических данных на других скважинах исследуемого месторождения при отсутствии выраженной латеральной изменчивости.

Ключевые слова: акустический каротаж, восстановление данных, синтетическая кривая, сейсмическое моделирование, геологический разрез, метод Залеева, метод Фауста, опорная скважина, Бухара-Хивинский регион.

Received: 27.08.2026

Accepted: 17.09.2026

Issue publication: 28.09.2026

HAQIQIY VA SINTETIK EGRI CHIZIQLARNI TAQQOSLASH ORQALI BUXORO-XIVA MINTAQASI UCHUN AKUSTIK KARETOJNI TIKLASHNING OPTIMAL USULINI TANLASH

G'ayratova Malika Zokirovna

Oliy ma'lumotli, texnik-geofizik, "O'zbekgeofizika" AJ, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya. Ushbu ishda Buxoro–Xiva mintaqasi sharoitida mavjud bo'lmagan yoki sifati past bo'lgan akustik karotaj ma'lumotlarini qayta tiklash masalasi ko'rib chiqilgan. Tadqiqotning maqsadi Zalyaev

va Faust usullari asosida sintetik akustik egri chiziqni qurish yondashuvlarini taqqoslash hamda tayanch quduqning dastlabki ma'lumotlariga eng yaqin muvofiqlikni ta'minlaydigan usulni aniqlashdan iborat. Hisob-kitoblarda LAS-faylda keltirilgan va "Kamerton" dasturida qayta ishlangan geofizik tadqiqot ma'lumotlaridan foydalanildi. Har bir yondashuv bo'yicha sintetik egri chiziq qurildi, so'ngra u dastlabki egri chiziq bilan grafik jihatdan taqqoslandi va korrelyatsiya koeffitsienti hisoblandi. Zalyaev usuli bo'yicha korrelyatsiya koeffitsienti 0,84 ni, Faust usuli qo'llanilganda esa 0,88 ni tashkil etdi. Olingan natijalar Faust usulidan foydalanilganda sintetik egri chiziqning dastlabki ma'lumotlarga yuqoriroq darajada muvofiq kelishini ko'rsatdi. Shuningdek, razrezning fizik xususiyatlari chuqurlik bo'yicha o'zgarishini, xususan, zichlanish gradientini hisobga olish zarurligi qayd etildi. Olingan natijalardan lateral o'zgaruvchanlik sezilarli darajada bo'lmagan hollarda tadqiq etilayotgan konning boshqa quduqlarida akustik ma'lumotlarni qayta tiklashda foydalanish mumkin.

Kalit so'zlar: Akustik karotaj, seysmik modellash, geologik kesma, akustik karotajni qayta tiklash usuli, Zalyaev usuli, Faust usuli, mavjud quduq.

SELECTION OF THE OPTIMAL ACOUSTIC LOGGING RESTORATION METHOD FOR THE BUKHARA-KHIVA REGION BY COMPARING REAL AND SYNTHETIC CURVES

Gayratova Malika Zokirovna

Higher Education, Geophysicist Technician, JSC "Uzbekgeofizika", Tashkent, Uzbekistan

Abstract. The study addresses the reconstruction of missing or low-quality acoustic logging data for the Bukhara-Khiva region. The objective is to compare two approaches to synthetic acoustic curve construction, namely the Zalyaev and Faust methods, and to identify the approach providing the closest agreement with the original data from a reference well. Well logging data stored in a LAS file were processed using the Kamerton software. A synthetic curve was generated for each method and compared with the original acoustic curve using graphical analysis and correlation coefficients. The Zalyaev method produced a correlation coefficient of 0.84, whereas the Faust method yielded 0.88. The results indicate a closer agreement between the reconstructed and original curves when the Faust approach is applied. The study also emphasizes the need to account for changes in formation properties with depth, including the compaction gradient. The obtained results can be considered for reconstruction of acoustic data in other wells of the studied field provided that pronounced lateral variability is absent.

Keywords: acoustic logging, data reconstruction, synthetic curve, seismic modeling, geological section, Zalyaev method, Faust method, reference well, Bukhara-Khiva region.

Введение. Акустический каротаж относится к числу методов геофизических исследований скважин, информация которого используется для характеристики упругих свойств горных пород и последующей интерпретации геологического разреза. Практическая ценность акустических данных возрастает при построении моделей месторождений, уточнении строения продуктивных интервалов и выполнении работ по привязке сейсмических материалов к разрезу скважины. В рамках таких исследований необходимо располагать надежными значениями интервального времени или скорости распростра-

нения упругих волн.

Для старого фонда скважин характерна ситуация, при которой акустические диаграммы сохранились не полностью либо имеют качество, недостаточное для непосредственного использования. Восстановление отсутствующих интервалов позволяет снизить влияние неполноты архивных материалов на последующее геофизическое моделирование. Поэтому практическая задача заключается не только в получении синтетической кривой, но и в выборе такого способа её построения, который будет максимально согласован с реальными характеристиками исследуемого разреза.

В настоящей работе рассматриваются два подхода — метод Заляева и метод Фауста. Их сравнение выполняется на данных учебной скважины Бухара-Хивинского региона. Критерием выбора служит степень соответствия синтетической кривой исходной акустической кривой, оцениваемая посредством коэффициента корреляции.

Исходные данные и особенности акустического каротажа. Акустический каротаж основан на регистрации характеристик упругих волн, распространяющихся в около-скважинном пространстве. В зависимости от физических свойств пород скорость распространения волн изменяется, поэтому получаемая диаграмма содержит информацию, связанную с литологией, пористостью и особенностями строения массива. В практике ГИС акустические измерения применяются также при выделении зон трещиноватости и интервалов, представляющих интерес как коллекторы.

В исходной статье в качестве основных регистрируемых характеристик рассматриваются интервальное время, амплитуда колебаний и коэффициент поглощения (ослабления). Интервальное время характеризует продолжительность пробега волны на единицу длины. Амплитудная характеристика отражает энергию зарегистрированного сигнала на определенном расстоянии от источника, а коэффициент поглощения характеризует изменение амплитуды при распространении волны.

Акустические исследования выполняются как в необсаженных, заполненных жидкостью скважинах, так и в обсаженных скважинах. Радиус исследования в рассматриваемом методе ограничен и, согласно использованным литературным данным, составляет порядка 0,5–1 м от оси скважины [2].

Для восстановления данных принципиально важно учитывать, что акустическая характеристика определяется не одним параметром породы. На результат влияют литологический состав, степень уплотнения, пористость, характер насыщения и изменение свойств разреза с глубиной. Для иллюстрации различий скоростей продольных волн в различных средах приведены данные таблицы 1.

Таблица 1.

Скорость продольных волн в различных средах

Среда	Vp, 10 ³ м/с
Глина	1,2-2,5
Песчаник плотный	3-6
Известняк	3-7,1
Каменная соль	4,5-5,5
Кристаллические породы	4,5-6,5
Цемент	3,5
Сталь	5,2
Воздух	0,33
Нефть	1,3-1,4
Вода	1,5
Буровой раствор	1,5-1,7

Методика исследования. Исследование выполнено на учебной скважине Бухара-Хивинского региона. Исходные материалы были получены из LAS-файла и импортированы в программу «Камертон». Такая последовательность обработки позволила использовать имеющиеся диаграммы в едином рабочем пространстве и сопоставлять исходную акустическую кривую с результатами восстановления. Методы восстановления проводились по Бухара-Хивинскому региону в учебной скважине (рис 1).

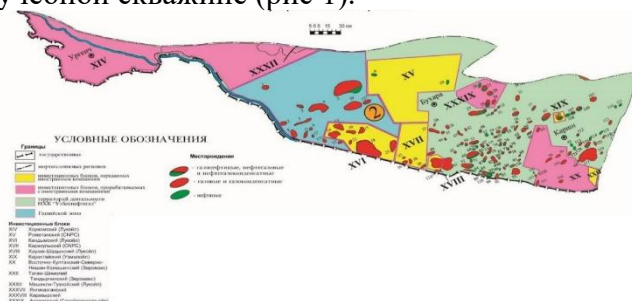


Рис.1. Схема размещения месторождений углеводородов и инвестиционных блоков Бухара-Хивинского региона [3].

Данные по скважине взяты из LAS-файла и переведены в программу Камертон (рис 2).

На первом этапе исследования был применен метод Заляева, основанный на установлении зависимости интервального времени продольной волны от показаний нейтронного каротажа с последующим подбором нормировочных коэффициентов [4]. Расчет интервального времени выполняется по формуле:

$$\Delta T_p = -90 \cdot \ln 10 N K - k + m \quad (1)$$

где ΔT_p — интервальное время продольной волны, мкс/м; NK — значения нейтронного каротажа, полученные при измерении, усл. ед.; k и m — нормировочные коэффициенты. С использованием данной формулы была построена синтетическая кривая. Значения нейтронного каротажа были взяты из LAS-файла (рис. 3). Нормировочные коэффициенты были вычислены по формуле $I_g \Delta T_p NK$.

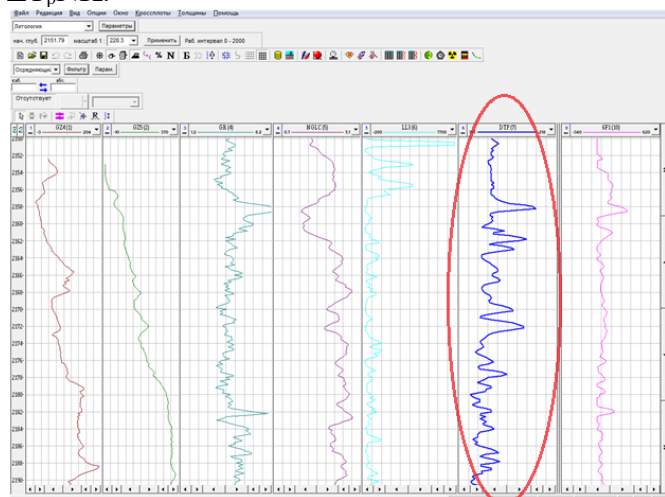


Рис.2. Исходные данные на программе Камертон.

Значения нейтронного каротажа были извлечены из исходного LAS-файла. После определения нормировочных коэффициентов была построена синтетическая кривая и выполнено её графическое сравнение с исходной акустической кривой. Дополнительной оценкой служил кросс-плот, по которому определялась линия тренда и рассчитывался коэффициент корреляции.

На втором этапе использован метод Фауста. Данный подход предполагает преобразование данных кажущегося удельного электрического сопротивления в представление, соответствующее акустическому каротажу, с подбором нормировочных коэффициентов [5]. Для расчетов использовались значения бокового каротажа, также полученные из LAS-файла. По рассчитанным параметрам была сформирована синтетическая акустическая кривая, которая затем сопоставлялась с исходной.

Сравнение двух методов проводилось по одному и тому же принципу: для каждого способа определялась степень согласия вос-

тановленной кривой с реальной кривой опорной скважины. Такой подход позволяет исключить оценку метода только по визуальному сходству и дополнить графический анализ количественным показателем корреляции.

Результаты применения метода Заляева. После расчета по методу Заляева была получена синтетическая акустическая кривая, построенная на основе нейтронного каротажа и соответствующих нормировочных коэффициентов. На этапе сопоставления синтетической и исходной кривых наблюдается выраженное сходство их общего характера изменения по глубине, однако отдельные интервалы демонстрируют расхождения.

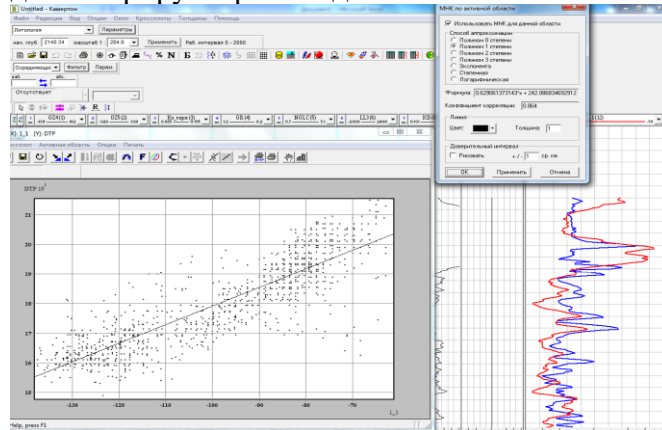


Рис.3. Сравнение исходной и синтетической кривых, полученная по методу Заляева. Синяя кривая – это исходная, красная – синтетическая.

Для количественной оценки взаимосвязи построен кросс-плот с линией тренда. Полученный коэффициент корреляции составил 0,84. Для рассматриваемой учебной скважины это свидетельствует о достаточно тесной связи между исходной и восстановленной кривыми и подтверждает возможность применения метода Заляева в качестве одного из вариантов реконструкции акустических данных.

Вместе с тем коэффициент 0,84 показывает, что восстановленная характеристика не полностью воспроизводит исходную кривую. Следовательно, использование только нейтронного каротажа не позволяет устранить все расхождения, возникающие при реконструкции акустического параметра в исследуемом разрезе.

Результаты применения метода Фауста.

На втором этапе исследования был применен метод Фауста, основанный на преобразовании данных кажущегося удельного электрического сопротивления в значения акустического каротажа путем подбора нормировочных коэффициентов [5]. Расчет интервального времени продольной волны выполняется по формуле:

$$\Delta T_p = \frac{a}{(\text{Depth} \cdot R_0)^b}, \quad (2)$$

где ΔT_p — интервальное время продольной волны, мкс/м; Depth — глубина, м; R_0 — сопротивление породы, Ом·м; а и b — нормировочные коэффициенты. Нормировочные коэффициенты были вычислены по формуле $\lg \frac{\Delta T_p}{R_0}$.

Применение метода Фауста выполнялось с использованием данных бокового каротажа из того же LAS-файла (рис. 4). После подбора нормировочных коэффициентов была рассчитана синтетическая акустическая кривая и проведено её сопоставление с исходными данными.

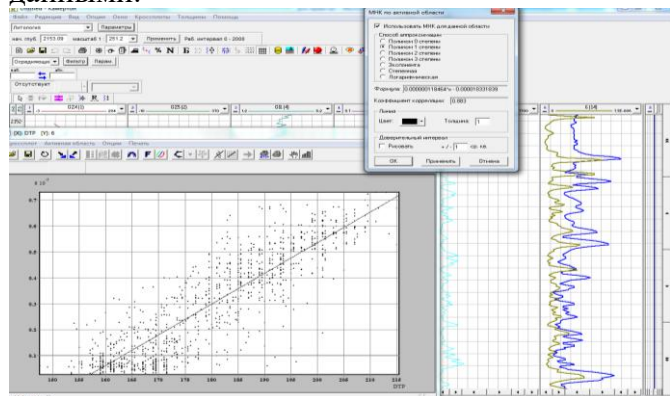


Рис.4. Сравнение исходной и синтетической кривых, полученная по методу Фауста.

Кросс-плот, построенный для результатов метода Фауста, дал коэффициент корреляции 0,88. По сравнению с результатом метода Залаяева значение корреляции оказалось выше на 0,04. Таким образом, для исследуемой скважины преобразование данных электрического каротажа по подходу Фауста обеспечило более близкое соответствие исходной акустической характеристике.

Полученный результат нельзя автоматически распространять на все скважины региона,

поскольку точность восстановления зависит от характера геологического разреза и взаимосвязи используемых геофизических параметров. Тем не менее для рассматриваемого объекта метод Фауста демонстрирует более высокий результат по выбранному критерию.

Сравнительный анализ. Для наглядного сопоставления результатов были объединены исходная акустическая кривая и две синтетические кривые, полученные по методам Залаяева и Фауста.

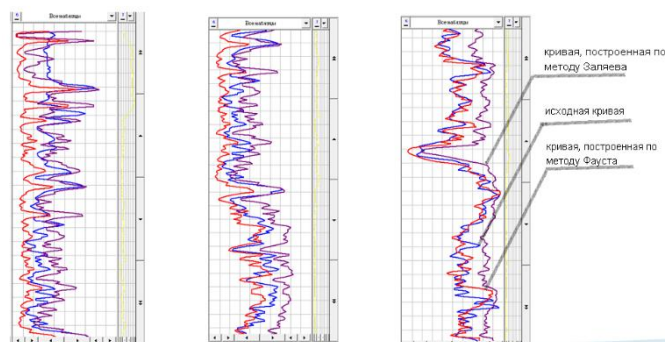


Рис.5. Сравнение исходной и синтетических кривых, по методам Залаяева и Фауста.

Сопоставление результатов показывает, что оба рассмотренных метода позволяют получить синтетическую кривую, коррелирующую с исходным акустическим каротажом. Однако количественный показатель для метода Фауста выше: 0,88 против 0,84 у метода Залаяева. Разность коэффициентов составляет 0,04, что в относительном выражении соответствует приблизительно 4,8% от результата метода Залаяева. В исходной работе это преимущество характеризовалось как 4% при сравнении полученных кривых.

Следовательно, при прочих равных условиях для рассматриваемой скважины предпочтительным является метод Фауста. Его преимущество проявляется именно в более тесном соответствии синтетической кривой исходным данным. При переносе методики на другие скважины необходимо предварительно оценивать устойчивость взаимосвязи между исходным электрическим каротажом и акустической характеристикой.

Отдельного внимания требует влияние уплотнения разреза с глубиной. Рассматриваемые методики в исходной постановке не

учитывают это изменение непосредственно, поэтому при расширении области применения целесообразно вводить поправку, связанную с градиентом уплотнения. Такая корректировка потенциально может повысить устойчивость восстановления на больших интервалах глубины, однако её количественный эффект в настоящем исследовании отдельно не оценивался.

Практическая значимость результатов. Полученный результат имеет практическое значение для работы со старым фондом скважин, в котором акустические данные могут отсутствовать полностью или частично. Если на скважине сохранились другие виды геофизических исследований, то восстановление акустической характеристики позволяет сформировать недостающий параметр без повторного проведения каротажа в уже недоступных или неэксплуатируемых интервалах.

Для условий исследуемого объекта рекомендуется рассматривать метод Фауста как приоритетный из двух протестированных подходов. При этом его использование на других скважинах должно сопровождаться контролем геологической сопоставимости и отсутствия сильной латеральной изменчивости. В противном случае коэффициенты, полученные для одной опорной скважины, могут не обеспечивать аналогичную точность на другом участке.

Практический эффект восстановления заключается не только в получении отдельной кривой. Восстановленные акустические данные могут использоваться как дополнительный материал при уточнении геологического разреза и сейсмического моделирования. Это снижает зависимость интерпретации от неполноты архивных данных и позволяет рациональнее

использовать уже имеющийся комплекс ГИС.

Заключение. В работе проведено сравнение двух методов восстановления акустического каротажа — метода Заляева и метода Фауста — на данных учебной скважины Бухара-Хивинского региона. Исходные материалы были получены из LAS-файла и обработаны в программе «Камертон». Для каждого метода сформирована синтетическая акустическая кривая и выполнено её сопоставление с исходной.

По результатам метода Заляева коэффициент корреляции составил 0,84. При использовании метода Фауста получено значение 0,88. Таким образом, на рассматриваемой скважине метод Фауста обеспечил более высокую степень соответствия восстановленной характеристики исходным данным.

На основании проведенного сравнения метод Фауста может быть рекомендован для дальнейшего восстановления акустического каротажа на других скважинах рассматриваемого месторождения при условии отсутствия сильной латеральной изменчивости. Одновременно при совершенствовании методики следует учитывать изменение степени уплотнения разреза с глубиной и оценивать влияние соответствующей поправки на качество восстановления.

Таким образом, результаты исследования показывают, что восстановление акустического каротажа по сохранившимся данным других методов ГИС является перспективным инструментом работы со старыми фондами скважин. При этом окончательный выбор алгоритма должен основываться на количественном сравнении синтетических и реальных кривых для конкретного геологического объекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Дахнов, В. Н. (1982). Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. Москва: Недра. 418 с.
- [2] Латышева, М. Г. (1991). Практическое руководство по интерпретации диаграмм геофизических методов исследования скважин (3-е изд.). Москва: Недра.
- [3] Бабаев, А. Г., & Гаврильчева, Л. Г. (1986). Соляно-ангидридовая формация верхней юры и нефтегазоносность нижележащей карбонатной толщи Средней Азии. Ташкент: Фан. 146 с.

- [4] Заляев, Н. З. (1990). Методика автоматизированной интерпретации геофизических исследований скважин. Минск: Университетское. 144 с.
- [5] Faust, L. Y. (1953). A velocity function including lithologic variation. Geophysics, 18(2), 271–288.

Maqolaga iqtibos keltirish | Как цитировать статью | How to cite this article

Гайратова, М. З. (2026). Выбор оптимального метода восстановления акустического каротажа для Бухара-Хивинского региона путем сравнения реальных и синтетических кривых. Sanoatda Raqamli Texnologiyalar (Digital Technologies in Industry), 4(3). <https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.3.2026.36>
