



## ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА НА АМПЛИТУДУ СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА И ТОЧНОСТЬ АКУСТИЧЕСКОЙ ИНВЕРСИИ

Мargarita Сергеевна Голубева<sup>1,✉</sup>, Nikita Алексеевич Горевячев<sup>2</sup>, Georgiy Михайлович Митрофанов<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1, Россия,

<sup>2,3</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3, Россия,

<sup>1</sup>m.golubeva1@g.nsu.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7122-9418>

<sup>2</sup>GoreyavchevNA@ipgg.sbras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7741-5381>

<sup>3</sup>MitrofanovGM@ipgg.sbras.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4203-2740>

**Аннотация.** Изучается влияние амплитудных искажений сейсмических данных, возникающих из-за неоднородной верхней части разреза (ВЧР), на точность акустической инверсии. Исследование выполнено с использованием синтетических сейсмических данных, полученных на основе конечно-разностного моделирования, и реальных данных. Приводятся результаты инверсии, демонстрирующие повышение ее точности и устойчивости после применения процедур поверхностно-согласованной коррекции амплитуд. Показана необходимость и рассмотрены вопросы оценки достоверности моделей, получаемых с использованием сейсмической инверсии, в условиях влияния неоднородной верхней части разреза.

**Ключевые слова:** сейсмические данные, акустическая инверсия, амплитудные искажения, верхняя часть разреза, поверхностно-согласованная коррекция амплитуд, сейсмическое моделирование

**Финансирование:** работа была выполнена при финансовой поддержке министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSUS-2025-0015), а также в рамках проекта FWZZ-2022-0017.

**Для цитирования:** Голубева М.С., Горевячев Н.А., Митрофанов Г.М. Влияние неоднородностей верхней части разреза на амплитуду сейсмического сигнала и точность акустической инверсии // Геофизические технологии. 2025. № 2. С. 37–50. doi:10.18303/2619-1563-2025-2-37.

## EFFECT OF NEAR-SURFACE HETEROGENEITIES ON SEISMIC SIGNAL AMPLITUDE AND THE ACCURACY OF ACOUSTIC INVERSION

Margarita S. Golubeva<sup>1,✉</sup>, Nikita A. Goreyavchev<sup>2</sup>, Georgy M. Mitrofanov<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Novosibirsk State University, Pirogova Str., 1, Novosibirsk, 630090, Russia,

<sup>2,3</sup>Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, SB RAS, Koptuyug Ave., 3, Novosibirsk, 630090, Russia,

<sup>1</sup>m.golubeva1@g.nsu.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7122-9418>

<sup>2</sup>GoreyavchevNA@ipgg.sbras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7741-5381>

<sup>3</sup>MitrofanovGM@ipgg.sbras.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4203-2740>

**Abstract.** This study investigates the impact of amplitude anomalies caused by heterogeneities in the near-surface layer on the accuracy of acoustic inversion results. The analysis is based on both synthetic data, generated via finite-difference

modeling, and real seismic data. Inversion results demonstrate improved accuracy and stability after applying surface-consistent amplitude correction procedures. The study also investigates the reliability of models derived from seismic inversion under the influence of near-surface heterogeneity. The findings highlight the importance of evaluating the reliability of inversion-derived models when near-surface effects are present.

**Keywords:** seismic data, acoustic inversion, amplitude anomalies, near-surface section, surface-consistent amplitude correction, seismic modeling

**Funding:** the study is supported by grant FSUS-2025-0015 of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and Project FWZZ-2022-0017.

**For citation:** Golubeva M.S., Goreyavchev N.A., Mitrofanov G.M. Effect of near-surface heterogeneities on seismic signal amplitude and the accuracy of acoustic inversion // Russian Journal of Geophysical Technologies. 2025. No. 2. P. 37–50. (In Russ.). doi:10.18303/2619-1563-2025-2-37.

## ВВЕДЕНИЕ

Современные проекты освоения месторождений углеводородов в значительной степени опираются на детальные геологические модели [Белкина и др., 2015]. Построение таких моделей интегрирует данные скважинных и сейсмических исследований. Они используются как для построения структурного каркаса, так и для прогнозирования свойств коллекторов в межскважинном пространстве [Ампилов и др., 2009].

Достоверность геологического моделирования напрямую зависит от качества обработки и интерпретации сейсмических данных. Методы динамической интерпретации, в частности сейсмическая инверсия, устанавливают количественную связь между параметрами сейсмической записи (амплитудой, фазой, частотой, затуханием) и петрофизическими параметрами горных пород [Simm, Bacon, 2014]. Однако корректность результатов инверсии крайне чувствительна к сохранению значений амплитуд на этапе обработки. Ошибки в определении значений амплитуд, в том числе связанные с недоучтенным влиянием неоднородностей верхней части разреза, приводят к систематическим погрешностям в оценке акустического импеданса и, как следствие, к существенным искажениям в итоговой геологической модели [Копенкин и др., 2013; Simm, Bacon, 2014].

В работе исследуется влияние амплитудных искажений, связанных с неоднородностью верхней части разреза (ВЧР), на результаты акустической инверсии. Для этого было выполнено моделирование синтетических сейсмических данных с их последующей обработкой. Проведено сравнительное исследование результатов инверсии исходных и искаженных данных. Кроме того, был выполнен анализ реальных сейсмических материалов с применением поверхностно-согласованной коррекции амплитуд и без нее.

## ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ

Для корректной оценки влияния амплитудных искажений на результаты интерпретации рассмотрим следующие моменты:

- природу этих искажений и их связь с верхней частью разреза;
- метод факторной декомпозиции, позволяющий компенсировать аномалии в сейсмических данных на этапе обработки;
- принцип работы инверсии и важность сохранения амплитуд данных при их обработке для ее выполнения.

## Влияние ВЧР на амплитуду сейсмических сигналов

Рассмотрим подробнее влияние ВЧР как одного из основных факторов, вносящих амплитудные искажения. Амплитуда отраженной волны определяется контрастом упругих свойств на границе раздела сред. [Боганик, Гурвич, 2006]. Для корректного нахождения значений упругих параметров необходимо, чтобы амплитуды отражений не содержали искажений, связанных с распространением волны в среде, покрывающей целевую границу. Верхняя часть разреза или первый от поверхности интервал глубин – зона с выраженной изменчивостью свойств (рельеф, зона малых скоростей, многолетнемерзлые породы и др.). Эти неоднородности изменяют как кинематические, так и динамические параметры волнового поля, что проявляется в вариациях амплитуд при одинаковых условиях отражения [Давлетханов, 2017]. Зоны аномально высоких или низких амплитуд, вызванные неоднородностью приповерхностных условий, проявляются в виде сквозных амплитудных аномалий вдоль всей записи [Cary, Nagarajappa, 2013].

### Устранение вариаций амплитуд, вызванных неоднородностями ВЧР

Одним из эффективных подходов к коррекции указанных вариаций является *поверхностно-согласованная коррекция амплитуд* (*Surface Consistent Amplitude Correction, SCAC*), основанная на принципах факторной декомпозиции. Применение SCAC обеспечивает выравнивание амплитуд по площади, улучшение разрешения сейсмических разрезов, что приводит к повышению достоверности динамической интерпретации [Гайдук и др., 2021; Кушнарев и др., 2021; Yatini, Rohman, 2023].

В основе лежит эвристическая модель разложения амплитуд сейсмического сигнала на мультипликативные составляющие, впервые предложенная И.И. Гурвичем [Гурвич, 1970], а потом многократно повторенная многими авторами, в частности, [Cary, Nagarajappa, 2013]:

$$A_{ij} = F \times A_i \times A_j \times A_{\frac{i+j}{2}} \times A_{i-j}, \quad (1)$$

где  $F$  – средняя амплитуда сигнала, определяемая через энергию рассматриваемого интервала записи,  $A_i$  – изменение амплитуды в области источника,  $A_j$  – изменение амплитуды в области приема,  $A_{\frac{i+j}{2}}$  – изменение амплитуды в области отражения,  $A_{i-j}$  – изменение амплитуды в областях прохождения (рис. 1). Индексы  $i$  и  $j$  определяют номера источников и приемников в системе наблюдений. Они также однозначно задают географическое положение областей возбуждения и приема сейсмических колебаний.

Поскольку целью является проведение поверхностно-согласованной коррекции, ключевыми считаются факторы, которые могут быть отнесены к поверхности наблюдения. Поэтому в работе используется упрощенная двухфакторная модель, которая описывает вариации амплитуд, обусловленные влиянием областей расположения источников ( $A_i$ ) и приемников ( $A_j$ ). Амплитуда зарегистрированного сигнала в этой модели выражается как:

$$A_{ij} = F \times A_i \times A_j. \quad (2)$$

Решение уравнения (2) является нелинейной задачей. Для разделения амплитудных составляющих используют линеаризованное представление модели, которое можно получить, взяв логарифм всего выражения:

$$\ln A_{ij} = \ln F + \ln A_i + \ln A_j. \quad (3)$$

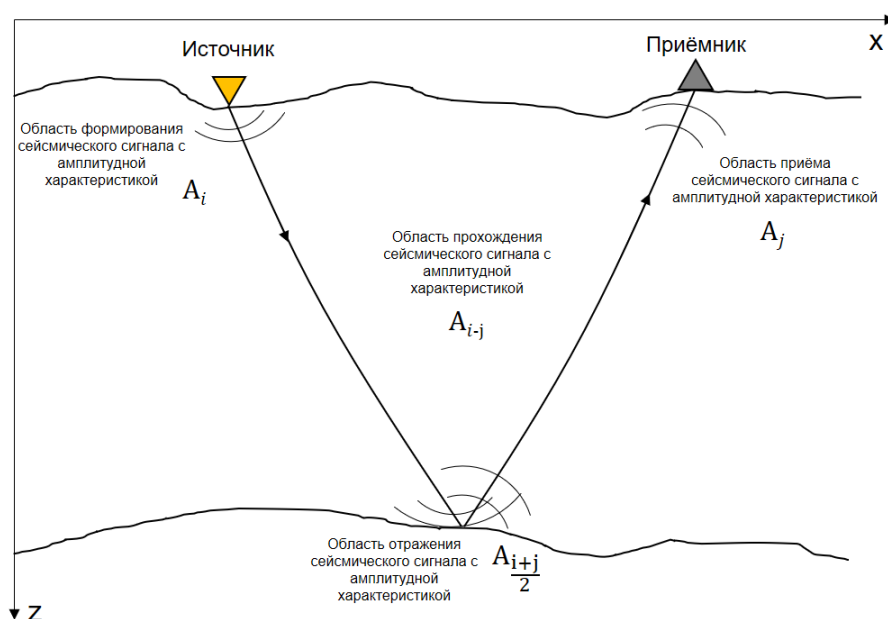


Рис. 1. Изменения амплитуды сигнала.

Линеаризованная модель позволяет использовать современные методы решения систем линейных уравнений [Митрофанов и др., 2023] для получения значений  $\ln A_i$ ,  $\ln A_j$  и  $A_i$ ,  $A_j$  соответственно. Полученные значения позволяют выполнять коррекцию значений  $A_{ij}$ , устраняя влияние верхней части разреза на амплитуду регистрируемых сейсмических сигналов, приводя их к единой средней амплитуде сигнала.

#### Сейсмическая инверсия и роль амплитуд в определении акустического импеданса

Результатом динамической обработки являются сейсмические разрезы или кубы, для которых амплитуды отражений скорректированы с учетом кинематических и динамических искажений. С их использованием выполняется *сейсмическая инверсия* – преобразование амплитудных данных в упругие параметры среды, такие как акустический импеданс, сдвиговый импеданс, отношение скоростей  $V_P/V_S$  и плотность [Roberts et al., 2005]. В основе метода лежит сверточная модель, согласно которой наблюдаемые сейсмические трассы рассматриваются как результат свертки наблюдаемого импульса с последовательностью коэффициентов отражения [Simm, Bacon, 2014].

Цель *инверсии в акустической постановке* – определение зависимости акустического импеданса от времени по записи отраженных волн при нормальном падении. Акустический импеданс определяется выражением:

$$AI = V_p \times \rho \quad (4)$$

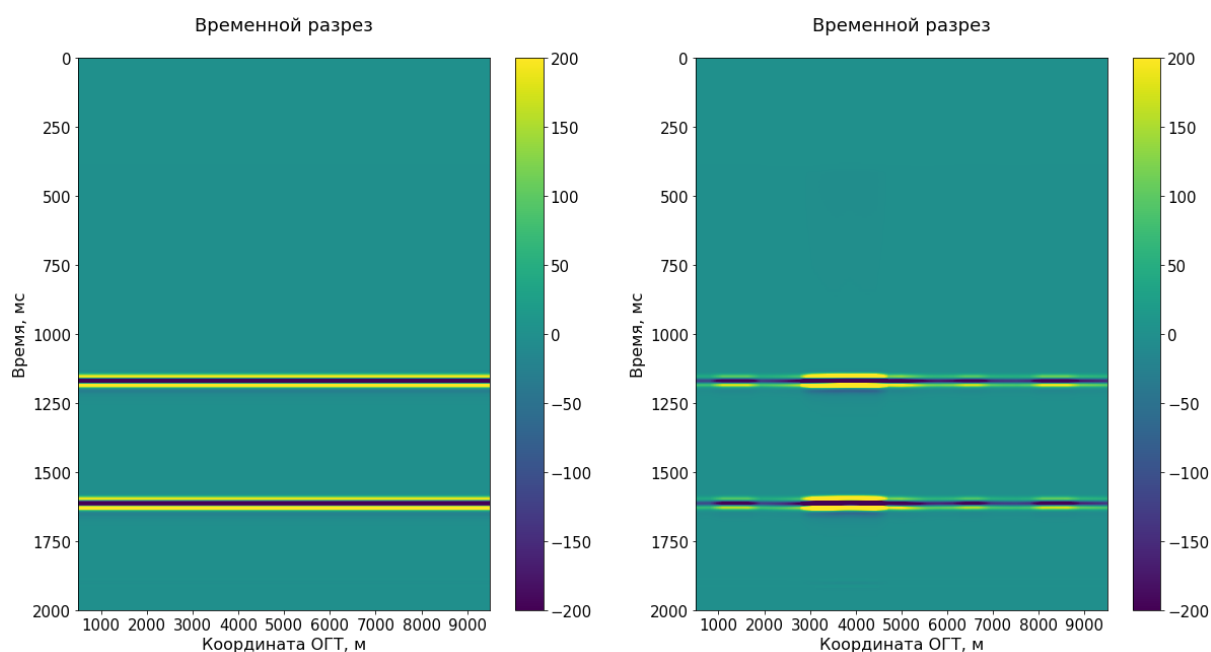
где  $V_p$  – скорость продольной сейсмической волны,  $\rho$  – плотность среды.

Для обеспечения устойчивости решения используется *низкочастотная модель акустического импеданса*, построенная по данным скважинных измерений [Simm, Bacon, 2014]. Эта модель служит начальным низкочастотным приближением, которое итеративно уточняется в процессе инверсии путем минимизации невязки между синтетическими и наблюдаемыми сейсмическими трассами [Simm, Bacon, 2014].

Точность акустической инверсии напрямую определяется амплитудами сейсмического сигнала, поскольку именно они отражают контрасты упругих свойств между слоями. Искажения амплитуд при регистрации или обработке снижают достоверность оценки акустического импеданса и, как следствие, коллекторских свойств, особенно в неантиклинальных ловушках и зонах со сложным строением разреза [Боганик, Гурвич, 2006; Копенкин и др., 2013]. Такие искажения могут маскировать истинные геологические аномалии, что приводит к ошибкам при восстановлении упругих свойств. Поэтому корректное восстановление амплитуд является необходимым условием для получения надежных инверсионных моделей.

### МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

В работе использовалось двумерное конечно-разностное акустическое моделирование [Köhn, 2011]. Параметры наблюдения: длина 2000 м и шаг между приемниками 10 м. Моделирование производилось с использованием импульса Рикера частотой 25 Гц. Система наблюдений была задана следующим образом: 160 физических наблюдений с перекрытием 50 м. Общая длина наблюдений – 10 000 м. На основе упрощенной горизонтально-слоистой модели были рассчитаны синтетические данные и сформированы временные разрезы как для исходных амплитуд, так и для амплитуд с заданными искажениями (рис. 2).



**Рис. 2.** Слева: временной разрез по исходным данным, справа: временной разрез по искаженным данным, осложненным влиянием неоднородностей ВЧР.

В качестве ключевого фактора влияния на амплитуды рассматриваются условия возбуждения и приема, характерные для регионов Западной Сибири. Понимание этих условий позволяет корректно создать синтетические данные, соответствующие реальному эксперименту.

Для моделирования амплитудных аномалий сигнала был выбран типичный для Западной Сибири сейсмический профиль, характеризующийся контрастными приповерхностными условиями (рис. 3). Амплитудные коэффициенты коррелировали с рельефом и определялись как функция от абсолютных отметок (рис. 4). Искажения задавались по двухфакторной схеме, имитирующей зональное влияние в

областях возбуждения и приема: речные долины соответствовали усилению сигнала, болота и торфяники – его ослаблению, а песчаные толщи и заболоченные леса – промежуточным значениям (рис. 5).

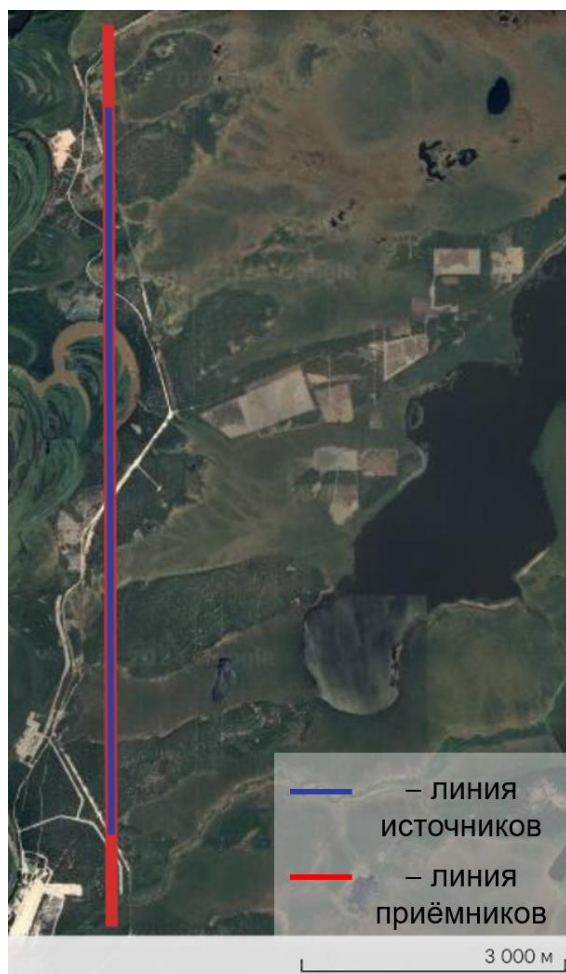


Рис. 3. Поверхностные условия вдоль профиля наблюдений.

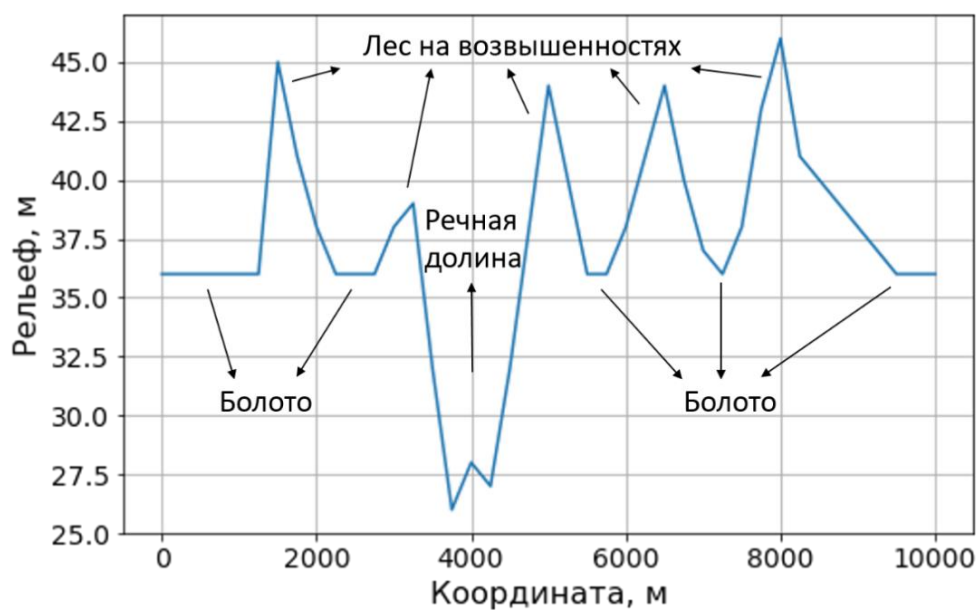
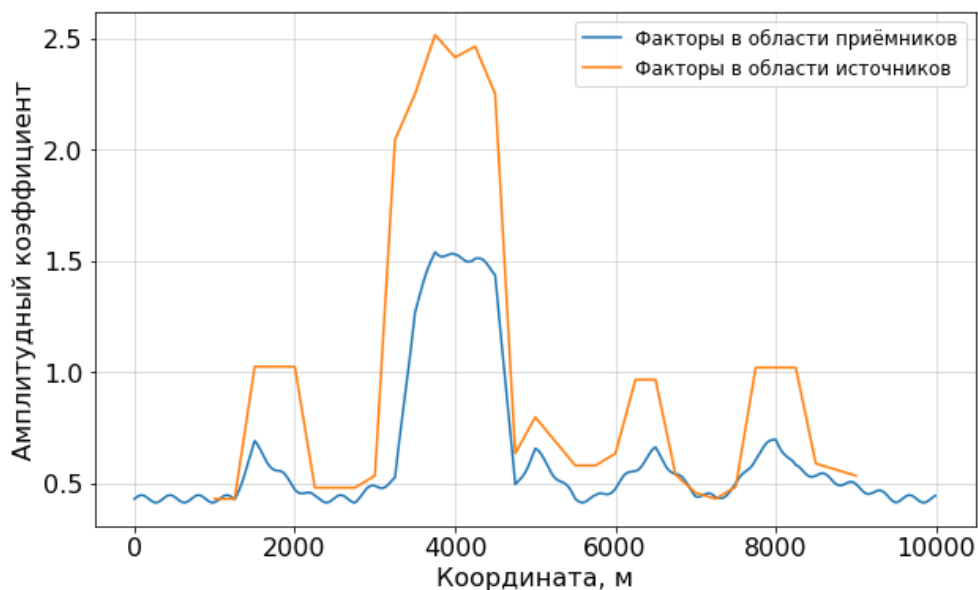


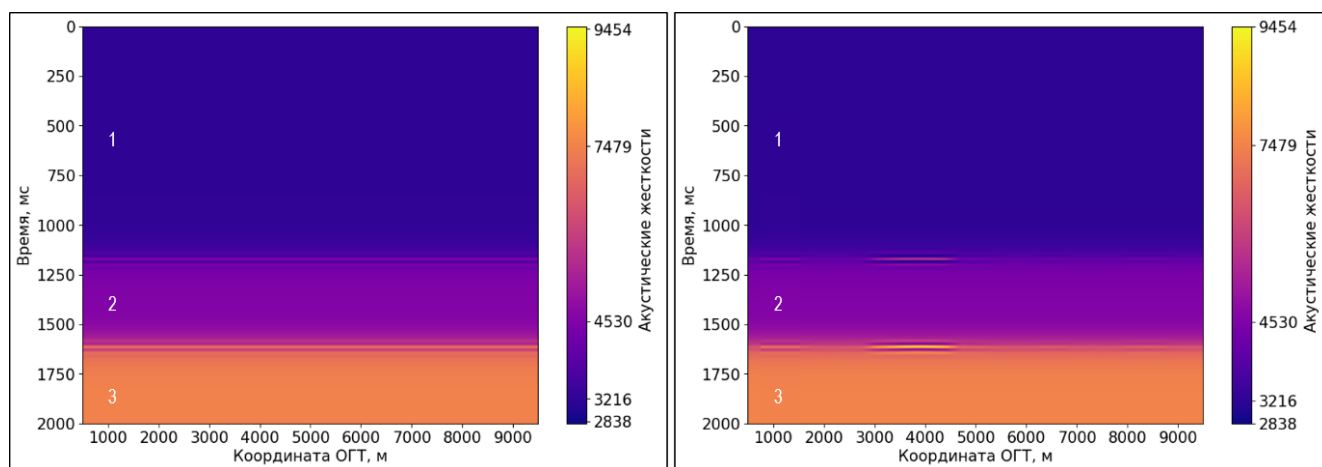
Рис. 4. Абсолютные отметки рельефа вдоль профиля.



**Рис. 5.** Вносимые вдоль профиля амплитудные коэффициенты, отвечающие за влияние области источников (оранжевые) и области приемников (синие).

Сравнение временных разрезов показало, что внесенные вариации приводят к сквозным зонам усиления или ослабления сигнала вдоль всего разреза, что соответствует проявлениям реальных эффектов ВЧР.

В результате инверсии были получены разрезы акустического импеданса по исходным данным и данным с внесенными амплитудными искажениями (рис. 6). Сравнительный анализ показал, что искажения вызывают систематические ошибки в восстановлении упругих параметров, достигающие 20 % на отдельных границах. Это приводит к снижению контрастности отражающих горизонтов. Наличие устойчивой зависимости между смоделированными аномалиями и результатами инверсии подтверждается при детальном рассмотрении: в зонах ослабления амплитуд наблюдается ухудшение дифференциации границ, тогда как в областях их усиления фиксируются anomalously высокие значения акустической жесткости. Количественной оценкой данного эффекта служит распределение среднеквадратичных значений импеданса в окне на границе слоев 2 и 3 (рис. 7).



**Рис. 6.** Результаты акустической инверсии на основе данных до (слева) и после (справа) внесения модельных искажений. Цифрами 1, 2, 3 обозначены слои модели.

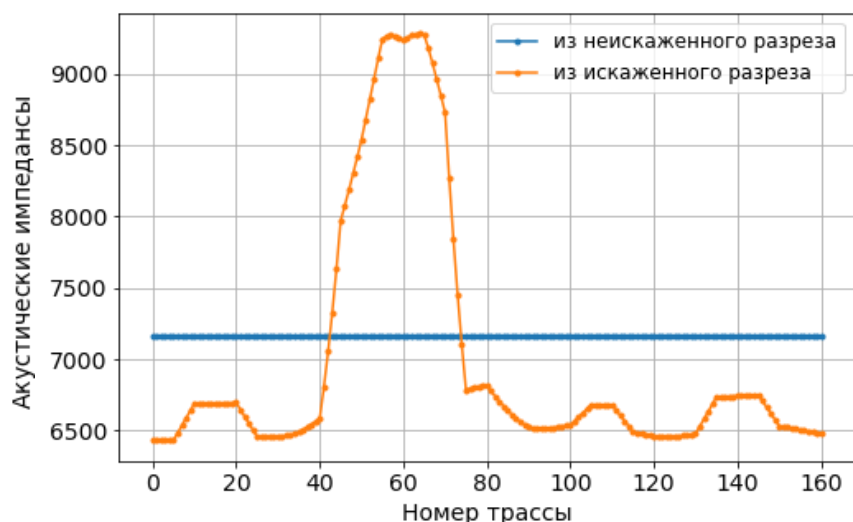


Рис. 7. Сравнение среднеквадратичных амплитуд акустического импеданса (в м/с·г/см<sup>3</sup>) в окне на границе слоев 2 и 3.

### ЭКСПЕРИМЕНТ НА РЕАЛЬНЫХ ДАННЫХ

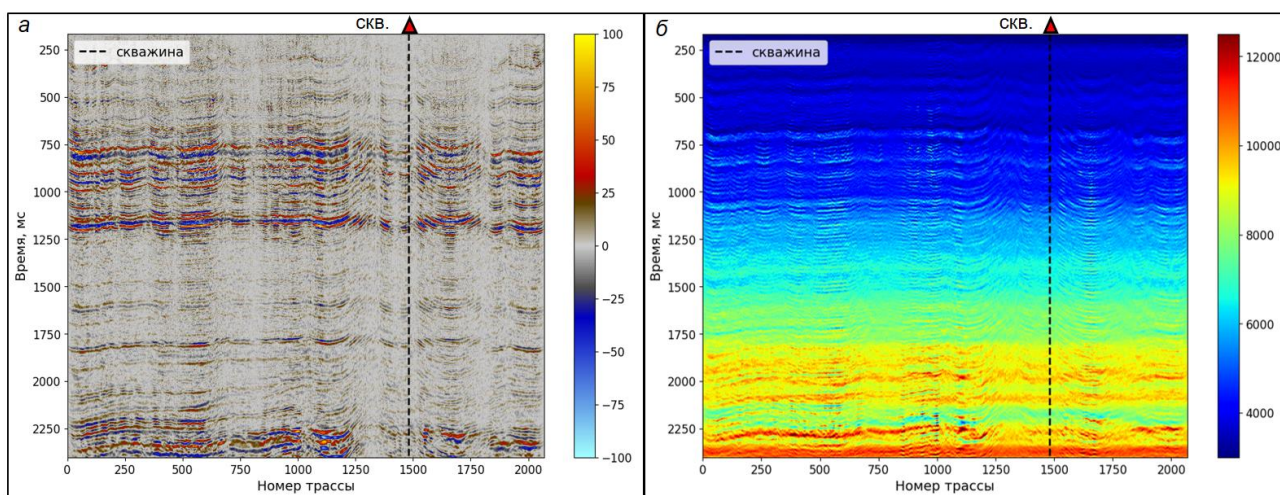
После анализа влияния амплитудных искажений на результаты акустической инверсии следующим этапом стало исследование возможности повышения ее качества за счет компенсации искажений в реальных сейсмических данных, полученных на участке Западно-Зимнего нефтяного месторождения.

Использованная для интерпретации пара временных разрезов была получена в программном обеспечении G2<sup>1</sup> после стандартной последовательности процедур сейсмической обработки: геометризации, сортировки трасс, подавления поверхностных волн, компенсации сферического расхождения, мьютинга и полосовой фильтрации. Отличие между ними заключалось в том, что для одного набора данных дополнительно выполнялась SCAC и связанные с ней итерации статики, что позволило построить вариант разреза с учетом влияния приповерхностных условий. Второй набор обрабатывался по аналогичной схеме, но без данной коррекции.

Оба варианта временных разрезов были использованы в качестве входных данных для проведения акустической детерминистической инверсии с целью оценки влияния поверхностно-согласованной коррекции амплитуд на получаемые результаты. Для проведения инверсии также были подготовлены входные данные, получаемые с использованием скважинной информации. Низкочастотная модель акустического импеданса была построена на основе акустического и гамма-гамма плотностного каротажа с фильтрацией до 10 Гц – частоты, ниже которой в сейсмическом спектре отсутствует информация. С использованием полученных ранее временных разрезов восстановлены сейсмические импульсы [Cui, Margrave, 2014].

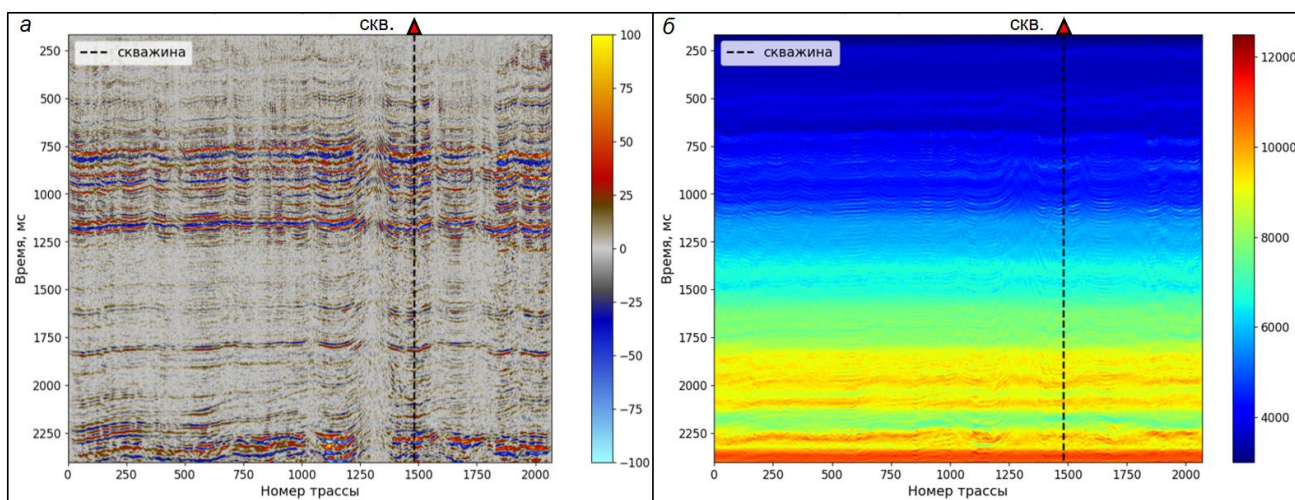
После подготовки входных данных и выполнения акустической инверсии для обоих вариантов сейсмических разрезов была проведена их сравнительная оценка. Сопоставление временных разрезов демонстрирует, что в отсутствие поверхностно-согласованной коррекции амплитуд наблюдается артефакт в виде сквозных полос, прослеживающихся на всей протяженности разреза (рис. 8, а). Эти искажения амплитуд привели к неоднородному распределению акустических импедансов в результате инверсии (рис. 8, б).

<sup>1</sup> [<https://www.geoleader.ru/index.php/ru/produkty-ru/geovation-2>]



**Рис. 8.** Временной разрез без проведения поверхностно-согласованной коррекции амплитуд (а) и соответствующий ему разрез акустических импедансов (в  $\text{м/с} \cdot \text{г/см}^3$ ) (б).

Применение поверхностно-согласованной коррекции амплитуд на этапе обработки снизило влияние поверхностных условий на амплитуды сигнала (рис. 9, а). Полосчатость в амплитудах уменьшилась, что позволило получить более выдержанное распределение акустических жесткостей по разрезу (рис. 9, б).



**Рис. 9.** Временной разрез с проведенной поверхностно-согласованной коррекцией амплитуд (а) и соответствующий ему разрез акустических импедансов (в  $\text{м/с} \cdot \text{г/см}^3$ ) (б).

Для контроля качества результатов акустической инверсии в обоих рассматриваемых случаях и их сравнения между собой была проведена оценка достоверности полученных моделей. Она заключалась в корреляционном сопоставлении восстановленных кривых акустического импеданса с данными каротажа, выполненного в скважине (кривая импедансов по данным геофизических исследований скважин (ГИС) приведена в сейсмическом диапазоне частот – до 65 Гц), а также в анализе пространственного распределения среднеквадратичных значений импеданса вдоль разреза. Эти показатели позволяют количественно оценить степень соответствия полученных моделей реальным геолого-геофизическим

условиям и выявить участки с пониженной надежностью инверсии, указывающие на понижение достоверности получаемых результатов.

Коэффициенты корреляции между кривыми, соответствующими каждой отдельной сейсмической трассе, представлены на рис. 10. Сравнительный анализ, показанный на этом рисунке, демонстрирует существенное влияние амплитудной коррекции на однородность восстановления импеданса. После применения коррекции с использованием процедуры SCAC (на рис. 10 обозначены красным цветом) кривые импеданса демонстрируют высокую степень корреляции по всей протяженности разреза. При отсутствии коррекции («без SCAC» на рис. 10) сопоставимость кривых ограничена участками с минимальным влиянием приповерхностной зоны.

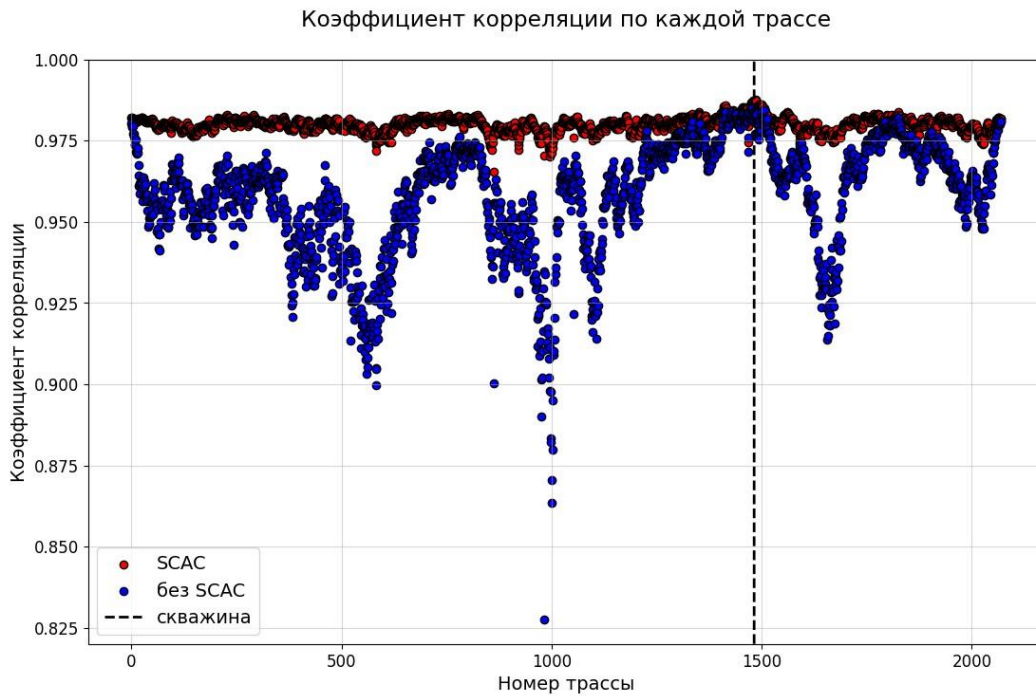


Рис. 10. Корреляция решения с каротажными данными.

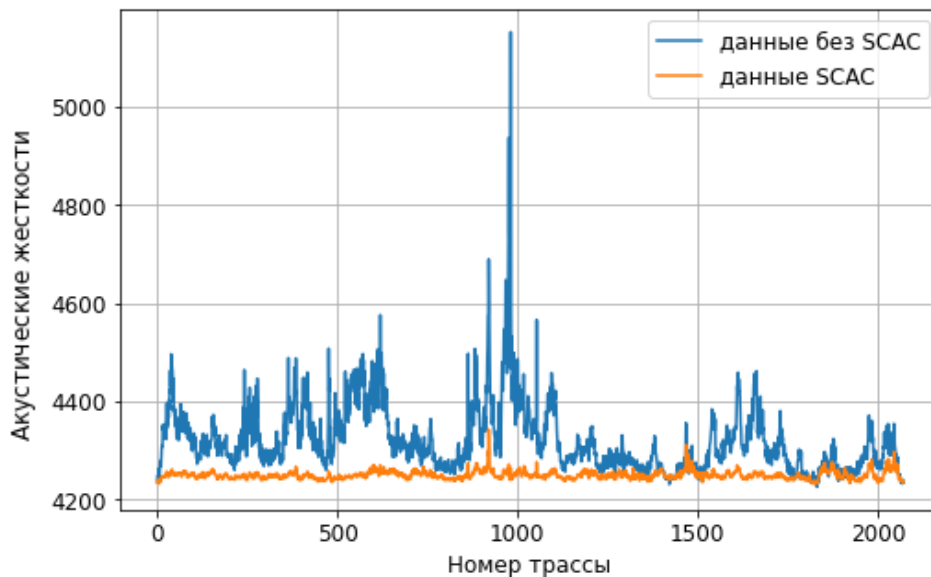
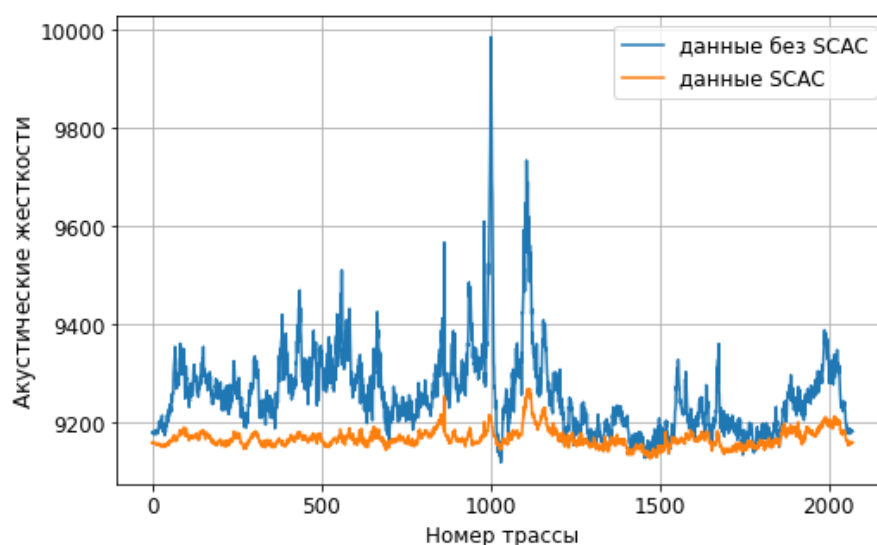


Рис. 11. Распределение среднеквадратичного импеданса (в  $\text{м/с} \cdot \text{г/см}^3$ ) вдоль разреза в окне 750–1000 мс.

Распределение среднеквадратичного импеданса вдоль разреза анализировалось в двух временных интервалах: 750–1000 мс ближе к верхней части разреза (рис. 11) и окно 2250–2400 мс в области нижних горизонтов изучаемого разреза (рис. 12).



**Рис. 12.** Распределение среднеквадратичного импеданса (в м/с·г/см<sup>3</sup>) вдоль разреза в окне 2250–2400 мс.

Анализ аномалий, представленных на рис. 11 и 12, показывает, что искажения импеданса распространяются по всему разрезу, и при интерпретации целевых горизонтов возможны ошибочные оценки свойств отдельных участков разреза.

Согласно полученным результатам, влияние ВЧР приводит к изменению отклика среды и искажению структуры горизонтов. Хотя инверсия без предварительной поверхностно-согласованной коррекции амплитуд может давать визуально более детализированную картину, это сопряжено с высоким риском получения артефактов, которые не будут иметь геологического подтверждения. Это особенно важно, когда требуется сделать прогноз свойств по разрезу в условиях наличия ограниченной априорной геологической информации из-за малого количества скважин. Так, могут выстраиваться ошибочные гипотезы в отношении сложности коллектора или проявлении коллекторских свойств. Например, при построении карт акустического импеданса латеральные вариации его значений могут быть неверно интерпретированы как следствие изменения пористости или изменения других свойств коллектора; также возможно ошибочное прогнозирование зон флюидонасыщения по пониженным значениям импеданса на фоне соседних завышенных из-за влияния приповерхностных условий значений.

Таким образом, использование сейсмических данных с проведенной процедурой SCAC и данных без ее применения приводит к получению разных в геологическом плане моделей. Динамическая обработка позволяет получить несколько иное восприятие разреза и установить, что некоторые неоднородности, наблюдаемые на разрезе, могут иметь не геологическую природу.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование демонстрирует связь между этапами обработки и интерпретации сейсмических данных. В частности, установлено, что поверхностно-согласованная коррекция амплитуд является важным этапом, предопределяющим достоверность результатов акустической инверсии.

Исключение SCAC из графа обработки усиливает влияние верхней части разреза, что проявляется в виде артефактов на разрезах импеданса. Полученные результаты показывают, что наличие или отсутствие учета влияния амплитудных искажений на этапе обработки существенно влияет на характер восстанавливаемой модели и способно привести к принципиально различным геологическим интерпретациям.

Таким образом, исследование подчеркивает необходимость учета влияния верхней части разреза и анализа стационарности получаемых результатов инверсии при оценке достоверности моделей сейсмической инверсии в процессе сопоставления полученных результатов со скважинными данными и анализа пространственного распределения восстановленных параметров. Такой подход позволяет минимизировать систематические ошибки и повысить обоснованность прогнозирования свойств пластов.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

**Ампиров Ю.П., Барков А.Ю., Яковлев И.В., Филиппова К.Е., Приезжев И.И.** Почти всё о сейсмической инверсии. Часть 1 // Технологии сейсморазведки. 2009. № 4. С. 3–16. EDN:LUNKQLQ.

**Боганик Г.Н., Гурвич И.И.** Сейсморазведка: Учебник для вузов. Тверь: Издательство АИС, 2006. 744 с.

**Белкина В.А., Бембель С.Р., Забоева А.А., Санькова Н.В.** Основы геологического моделирования. Часть 1: Уч. пособие. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. 167 с.

**Гайдук А.В., Твердохлебов Д.Н., Данько Е.А., Долгова Е.И., Клешнин А.Б., Гринченко В.А., Гогужева Е.И., Чиргун А.С.** Эффективные технологии сейсморазведки для новых геологических открытий в Восточной Сибири // Геодинамика и тектонофизика. 2021. Т. 12, № 3S. С. 683–702. doi:10.5800/GT-2021-12-3s-0547.

**Гурвич И.И.** О теоретических основах динамических измерений в сейсморазведке // Известия вузов. Геология и разведка. 1970. № 6. С. 108–113.

**Давлетханов Р.Т.** Коррекция сейсмических записей за влияние верхней части разреза с сохранением кинематики отраженных волн, соответствующих пластовой модели среды: автореф. дисс. канд. физ.-мат. наук (спец. 25.00.10). М.: МГУ, 2017. EDN:ZQDNAH.

**Копенкин Р.Ю., Кирьянова Т.Н., Кляжников Д.В.** Оценка эффективности технологии сейсмической инверсии на этапе постановки задачи // Нефтяное хозяйство. 2013. № 5. С. 49–51. EDN:QAEDGZ.

**Кушнарев Р.С., Горяевчев Н.А., Митрофанов Г.М.** Тестирование матричной реализации алгоритма поверхностно-согласованной компенсации сейсмических амплитуд // Геофизические технологии. 2021. № 4. С. 26–35. doi:10.18303/2619-1563-2021-4-26. EDN:HYWTVM.

**Митрофанов Г.М., Горяевчев Н.А., Кушнарев Р.С.** Возможности факторной декомпозиции при реализации процедур обработки и интерпретации геофизических данных // Санкт-Петербург 2023. Геонауки: время перемен, время перспектив: Сб. мат. конф. СПб: ООО Геомодель, 2023. С. 303–306. EDN:WCMKTP.

**Sary P., Nagarajappa N.** A new, simple approach to surface-consistent scaling // CSEG Recorder. 2013. Vol. 38 (10). P. 38–43.

**Cui T., Margrave G.F.** Seismic wavelet estimation // CREWES Research Report. 2014. Vol. 26. P. 1–16.

**Köhn D.** Time domain 2D elastic full waveform tomography: PhD Thesis. Kiel: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2011. 177 p.

- Roberts R., Bedingfield J., Phelps D., Lau A., Godfrey B., Volterrani S., Engelmark F., Hughes K.** Hybrid inversion techniques used to derive key elastic parameters: A case study from the Nile Delta // *The Leading Edge*. 2005. Vol. 24 (1). P. 86–92. doi:10.1190/1.1859708.
- Yatini Y., Rohman H.R.N.** An application of surface consistent amplitude correction (SCAC) in the "HRNR" field // *Indonesian Applied Physics Letters*. 2023. Vol. 4 (2). P. 65–75. doi:10.20473/iapl.v4i2.49910.
- Simm R., Bacon M.** *Seismic amplitude: An interpreter's handbook*. Cambridge University Press, Cambridge, 2014. 264 p. doi:10.1017/CBO9780511984501.

## REFERENCES

- Ampilov Yu.P., Barkov A.Yu., Yakovlev I.V., Filippova K.E., Priezzhev I.I.** Almost everything about seismic inversion. Part 1 // *Seismic Technologies*. 2009. No. 4. P. 3–16. (In Russ.).
- Belkina V.A., Bembel S.R., Zaboeva A.A., Sankova N.V.** *Fundamentals of geological modeling. Part 1: Textbook* (In Russ.). Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, 2015. 167 p.
- Boganik G.N., Gurvich I.I.** *Seismic exploration: Textbook for universities* (In Russ.). AIS Publishing House, Tver, 2006. 744 p.
- Cary P., Nagarajappa N.** A new, simple approach to surface-consistent scaling // *CSEG Recorder*. 2013. Vol. 38 (10). P. 38–43.
- Cui T., Margrave G.F.** *Seismic wavelet estimation* // *CREWES Research Report*. 2014. Vol. 26. P. 1–16.
- Davletkhanov R.T.** *Correction of seismic records for the influence of the upper part of the section while preserving the kinematics of reflected waves corresponding to the layered model of the medium: PhD Thesis*. (In Russ.). MSU, Moscow, 2017.
- Gaiduk A.V., Tverdokhlebov D.N., Danko E.A., Dolgova E.I., Kleshnin A.B., Grinchenko V.A., Goguzeva E.I., Chirgun A.S.** Effective seismic technologies for new geological discoveries in East Siberia // *Geodynamics and Tectonophysics*. 2021. Vol. 12 (3S). P. 683–702. doi:10.5800/GT-2021-12-3s-0547.
- Gurvich I.I.** On the theoretical foundations of dynamic measurements in seismic exploration // *Izvestiya vuzov. Geology and Exploration*. 1970. No. 6. P. 108–113. (In Russ.).
- Köhn D.** *Time domain 2D elastic full waveform tomography: PhD Thesis*. Kiel: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2011. 177 p.
- Kopenkin R.Yu., Kiryanova T.N., Klyazhnikov D.V.** Seismic inversion feasibility assessment in the stage of problem setting // *Oil Industry*. 2013. No. 5. P. 49–51 (In Russ.).
- Kushnarev R.S., Goreyavchev N.A., Mitrofanov G.M.** Testing the matrix implementation of the algorithm for surface-consistent compensation of seismic amplitudes // *Russian Journal of Geophysical Technologies*. 2021. No. 4. P. 26–35. (In Russ.). doi:10.18303/2619-1563-2021-4-26.
- Mitrofanov G.M., Goreyavchev N.A., Kushnarev R.S.** Possibilities of factor's decomposition in the implementation of procedures for processing and interpreting geophysical data // *St. Petersburg 2023. Geosciences: a time of change, a time of prospects. Geomodel*, St. Petersburg, 2023. P. 303–306. (In Russ.).
- Roberts R., Bedingfield J., Phelps D., Lau A., Godfrey B., Volterrani S., Engelmark F., Hughes K.** Hybrid inversion techniques used to derive key elastic parameters: A case study from the Nile Delta // *The Leading Edge*. 2005. Vol. 24 (1). P. 86–92. doi:10.1190/1.1859708.
- Simm R., Bacon M.** *Seismic amplitude: An interpreter's handbook*. Cambridge University Press, Cambridge, 2014. 264 p. doi:10.1017/CBO9780511984501.

**Yatini Y., Rohman H.R.N.** An application of surface consistent amplitude correction (SCAC) in the "HRNR" field // Indonesian Applied Physics Letters. 2023. Vol. 4 (2). P. 65–75. doi:10.20473/iapl.v4i2.49910.

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

*ГОЛУБЕВА Маргарита Сергеевна* – магистрант Новосибирского государственного университета, инженер-исследователь лаборатории обработки и анализа сейсмических данных научно-образовательного центра “Газпромнефть-НГУ”. Основные научные интересы: динамическая обработка и интерпретация сейсмических данных, комплексная интерпретация данных ГИС и сейсморазведки.

*ГОРЕЯВЧЕВ Никита Алексеевич* – научный сотрудник лаборатории динамических проблем сейсмологии Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, младший научный сотрудник научно-образовательного центра “Газпромнефть-НГУ”, старший преподаватель кафедры геофизики ГГФ НГУ. Основные научные интересы: методы повышения эффективности обработки геофизических данных.

*МИТРОФАНОВ Георгий Михайлович* – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории динамических проблем сейсмологии Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, доцент кафедры геофизики ГГФ НГУ. Основные научные интересы: обработка и интерпретация геофизических данных, методы решения обратных задач.

**Вклад авторов:** в рамках проекта № FSUS-2025-0015: Голубева М.С. – подготовка данных и тестирование математического алгоритма, Горевячев Н.А. – реализация математического алгоритма. Митрофанов Г.М. сформулировал постановку задачи при поддержке проекта Минобрнауки РФ FWZZ-2022-0017.

*Статья поступила в редакцию 29 октября 2025 г.,  
одобрена после рецензирования 17 ноября 2025 г.,  
принята к публикации 18 ноября 2025 г.*