

ВОЗМОЖНОСТИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МИГРАЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДОЮРСКОГО КОМПЛЕКСА

Максим Игоревич Протасов

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1, доцент кафедры мат. методов геофизики; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 3, ведущий научный сотрудник, тел. (383) 330-27-96, e-mail: protasovmi@ipgg.sbras.ru

Дмитрий Александрович Литвиченко

ООО «ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ», 625048, Россия, г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, 14, руководитель направления по моделированию сейсмоданных, e-mail: litvichenko.da@gazpromneft-ntc.ru

В работе представлены результаты апробации нескольких процедур миграции с акцентом на возможности объектно-ориентированного построения изображений доюрского комплекса (ДЮК). Численные примеры рассчитаны для синтетических данных, полученных для реалистичной сейсмической модели ДЮК, построенной по реальным данным из Западной Сибири.

Ключевые слова: объектно-ориентированная миграция, сейсмические данные, доюрский комплекс

POSSIBILITIES OF OBJECT-ORIENTED MIGRATION FOR IMAGING THE PRE-JURASSIC DEPOSITS

Maxim I. Protasov

Novosibirsk National Research State University, 1, Pirogova St., Novosibirsk, 630073, Russia, Associate Professor of the Mathematical Methods of Geophysics Department; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Akademika Koptyuga Ave., Novosibirsk, 630090, Russia, Leading Scientist, tel. (383) 330-27-96, e-mail: protasovmi@ipgg.nsc.ru

Dmitry A. Litvichenko

LLC GAZPROMNEFT NTC, 14, 50 years of October St., Tyumen, 625048, Russia, Head of Seismic Data Modeling, e-mail: litvichenko.da@gazpromneft-ntc.ru

The paper presents the results of testing several migration procedures with an emphasis on the possibility of object-oriented imaging of the pre-Jurassic deposits. Numerical examples are calculated for synthetic data obtained for a realistic seismic model of pre-Jurassic deposits, built from real data from Western Siberia.

Key words: object-oriented imaging, seismic data, pre-jurassic deposits

Описание процедур миграции. В работе применяются три процедуры глубинной миграции и один вариант временной миграции. Все алгоритмы используют отдельные Гауссовы пучки вместо стандартного разложения волнового поля, а также пучки в качестве весов для суммирования сейсмических данных.

Первый алгоритм является аналогом миграции по Гауссовым пучкам, ставшей промышленным стандартом [2], поэтому далее этот алгоритм условно называется «стандартным». Основная особенность состоит в построении идентичных Гауссовых пучков на поверхности наблюдений, что приводит к возможности разделить миграцию на две части: процесс суммирования данных с весами или разложения данных по пучкам и процесс отображения разложенных данных в глубину, т.е. процесс миграции [3]. В целом такой подход позволил создать технологическую версию миграции, которая по вычислительным затратам сопоставима с промышленной реализацией миграции Кирхгоффа, но при этом превосходит по качеству.

Другой алгоритм представляет собой модификацию первого, в которой Гауссовы пучки также трассируются с поверхности наблюдения, но они не являются идентичными на поверхности наблюдения, а имеют одинаковую ширину во всех точках изображения. При этом условия визуализации реализованы в координатах системы наблюдения. Такой алгоритм вычислительно дороже «стандартного», поскольку исчезает возможность эффективной реализации декомпозиции данных [3]. Однако по сравнению с первым алгоритмом он имеет лучшее отношение сигнал/шум на конечном изображении, и поэтому его можно использовать, например, для миграции достаточно зашумленных данных. Далее этот алгоритм условно называется «оптимизированным», поскольку является таковым с точки зрения отношения вычислительные затраты/качество изображения.

Ещё один алгоритм используется в качестве объектно-ориентированной миграции (как в глубинной, так и во временной области) [1], которая позволяет строить изображения целевых объектов с высоким разрешением и отношением сигнал/шум. Для достижения таких результатов используется трассирование Гауссовых пучков из целевой области к системе наблюдения так, что они выбираются наиболее узконаправленными в точках изображения. При этом обеспечивается равномерность разрешающей способности по всему разрезу, что достигается автоматическим выбором весов внутри алгоритма так, что в точках изображения выбираются одинаковые Гауссовы пучки, а на поверхности наблюдения эти Гауссовы пучки различны в зависимости от глубины и углов наклона. Максимальная же разрешающая способность достигается за счёт доступной в сейсмических данных минимизации ширины Гауссова пучка в точках изображения. Амплитуда изображения в таком случае вычисляется автоматически равномерно для каждой точки изображения. Дополнительно, поскольку процедура реализуется в структурных углах, можно контролировать геометрию элементов разреза, подвергаемых усилению или подавлению, при этом происходит подавление артефактов миграции, связанных с ограниченностью апертуры и наличием когерентных волн-помех. Т.е. такой алгоритм построения изображений по Гауссовым пучкам «выбирает» когерентные события и максимально фокусирует энергию в точку изображения, и поэтому изображения по Гауссовым пучкам получаются с высоким разрешением и соотношением сигнал/шум.

Численные примеры на модели доюрского комплекса. Глубинно-скоростная модель, содержащая доюрский комплекс, была построена на основании

реальных данных бурения и геологической интерпретации предыдущих лет [4]. В начальную геологическую модель были включены различные структурные элементы, которые могут быть потенциальными объектами при поиске залежей нефти в доюрском комплексе. Скоростные характеристики среды были определены по информации со скважин, вскрывших палеозойские отложения. Для этой модели были рассчитаны сейсмические данные [4], которые используются для исследования возможностей построения изображений доюрских отложений.

На основе этих данных и исходной модели созданы две миграционные модели: первая – это горизонтально-слоистая, не учитывающая латеральные вариации; вторая близка по кинематическим характеристикам к исходной модели, но не совпадает с ней, а является результатом имитации процесса построения глубинно-скоростной модели при обработке реальных сейсмических данных, поэтому условно называется «уточнённой». Также из этих моделей сделаны аналоги для временной миграции посредством соответствующих преобразований глубина-время.

Далее миграция синтетических данных производится в созданных моделях с использованием описанных алгоритмов построения изображений. Результаты временной объектно-ориентированной миграции в одномерной и «уточнённой» моделях представлены на рис. 1. Видно, что структуры выше доюрского комплекса не содержат существенных латеральных вариаций, поэтому достаточно чётко прослеживаются на временных изображениях для обеих моделей, подтверждая факт достаточности временной обработки сейсмических данных для многих месторождений Западной Сибири. Необходимо отметить высокое качество изображений этой части модели, которое достигнуто за счёт описанных выше свойств объектно-ориентированной миграции. Однако, несмотря на последнее обстоятельство, изображение доюрского комплекса структурно практически отсутствует для одномерной модели и представляет искажённую, частично дефокусированную картину для «уточнённой» модели. В то же время использование глубинной миграции позволяют получить в целом сфокусированные структурно корректные изображения доюрского комплекса (рис. 2, 3), что указывает на необходимость глубинной обработки сейсмических данных. При этом влияние точности модели для построения изображений доюрского комплекса существенно, что отчасти демонстрируют результаты на рис. 2, где приведены разрезы, полученные в одномерной модели и «уточнённой». Это подчёркивает необходимость построения кинематически корректной миграционной модели современными средствами скоростного анализа.

Получив достаточно хорошую скоростную модель необходимо построить максимально качественное изображение. С этой целью описанными выше тремя алгоритмами реализована миграция синтетических данных в «уточнённой» скоростной модели (Рис. 2б, Рис., Рис. 3б, 3в).

Сравнение этих результатов в целом показывает, что большую часть модели доюрского комплекса все алгоритмы восстанавливают. Но при детальном сравнении видно, что худшие результаты получены с использованием «стандартной» глубинной миграции с разложением данных по Гауссовым пучкам. Более

хорошая прослеживаемость горизонтов видна на разрезах, полученных с использованием «оптимизированной» глубинной миграции с фокусировкой Гауссовых пучков в глубине. Разрез на рис. 3б дополнительно осложнены интерференцией с высокоамплитудными частично кратными волнами – помехами, которые представляются в виде горизонтальных осей синфазной, секущих наклонные оси, ассоциированные с заложённой в модель “геологией”.

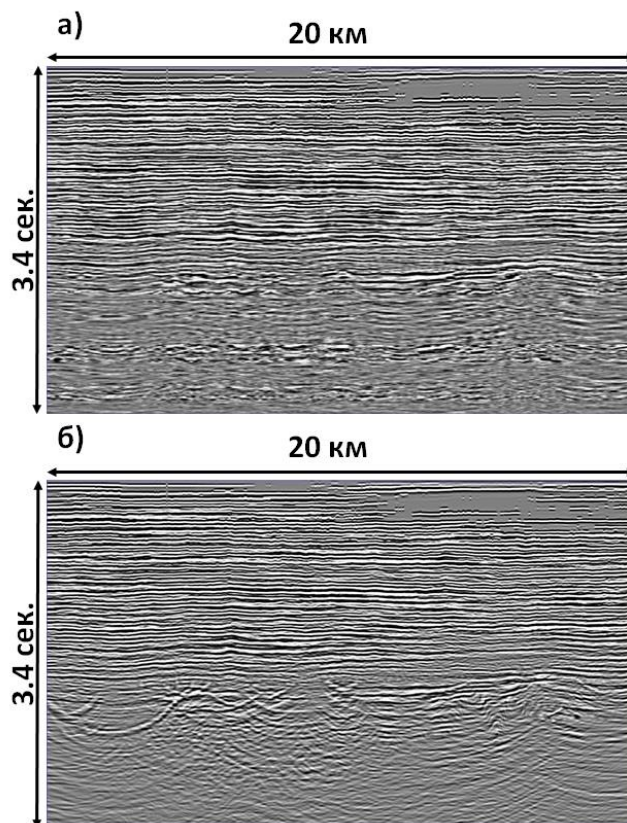


Рис. 1. Мигрированный разрез с использованием временной объектно-ориентированной миграции для фиксированного угла открытия:
 а) – результат миграции в одномерной модели, б) – результат миграции в «уточнённой» скоростной модели

Однако видимый период когерентных осей синфазности на рисунках 3б и 3в меньше, чем на 3а, что может свидетельствовать о более высокой несущей частоте. Более того разрез на рис. 3б, полученный глубинной объектно-ориентированной миграцией для фиксированного угла открытия 10^0 , по прослеживаемости сравним, и во многих местах превосходит результаты, представленные на рисунке 3в. Такое качество изображений достигнуто во многом за счёт описанных выше свойств объектно-ориентированной миграции. Но определённую роль сыграл тот факт, что используется только один угол открытия. Данные используются те, что попадают в ширину Гауссова пучка. Для двух других миграций ситуация аналогична, но различие в ширине Гауссова пучка и соответственно

количестве данных. Поэтому с этой точки зрения имеет смысл сравнить результат объектно-ориентированной миграции для фиксированного угла открытия с результатами «стандартной» и «оптимизированной» миграции для фиксированного выноса (Рис. 4). Сравнение результатов показывает: хотя разрешение возрастает (сказывается неточность модели и эффект понижения частоты на дальних выносах) по сравнению с суммарными разрезами, но снижается прослеживаемость и отношение сигнал/шум, поэтому такие изображения не используются для интерпретации и не являются продуктом обработки. Напротив, результаты объектно-ориентированной миграции для фиксированного угла открытия выглядят перспективными, содержащими детальную информацию о всём разрезе. Детальное сравнение изображений доюрского комплекса, полученных «оптимизированной» миграцией и объектно-ориентированной миграцией наглядно демонстрирует преимущества последней. Видна более детальная картина доюрского комплекса с лучшим восстановлением его объектов, более хорошей прослеживаемостью горизонтов при достаточно высоком отношении сигнал/помеха.

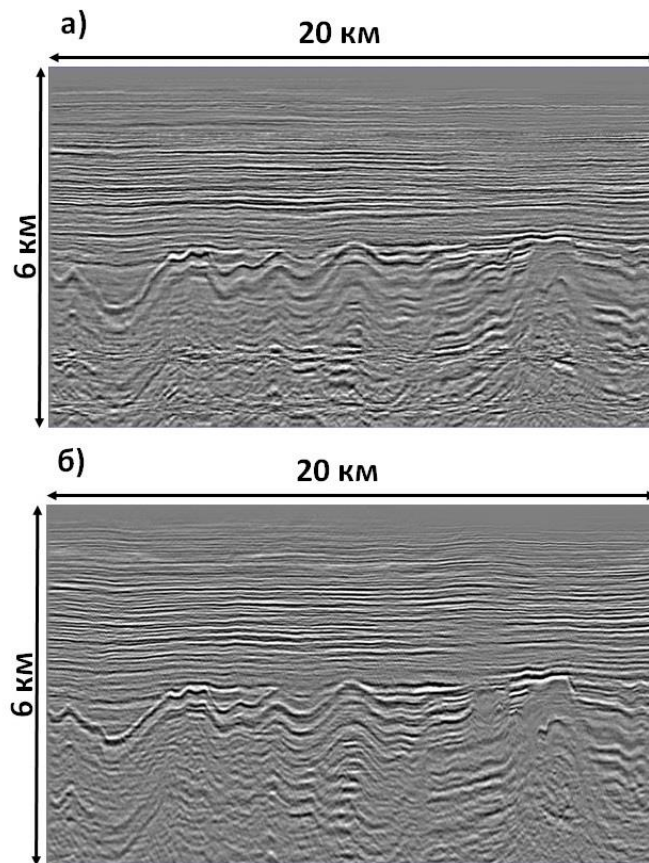


Рис. 2. Мигрированный разрез с использованием «стандартной» глубинной миграции с разложением данных по Гауссовым пучкам: а) – результат миграции в одномерной модели, б) – результат миграции в «уточнённой» скоростной модели.

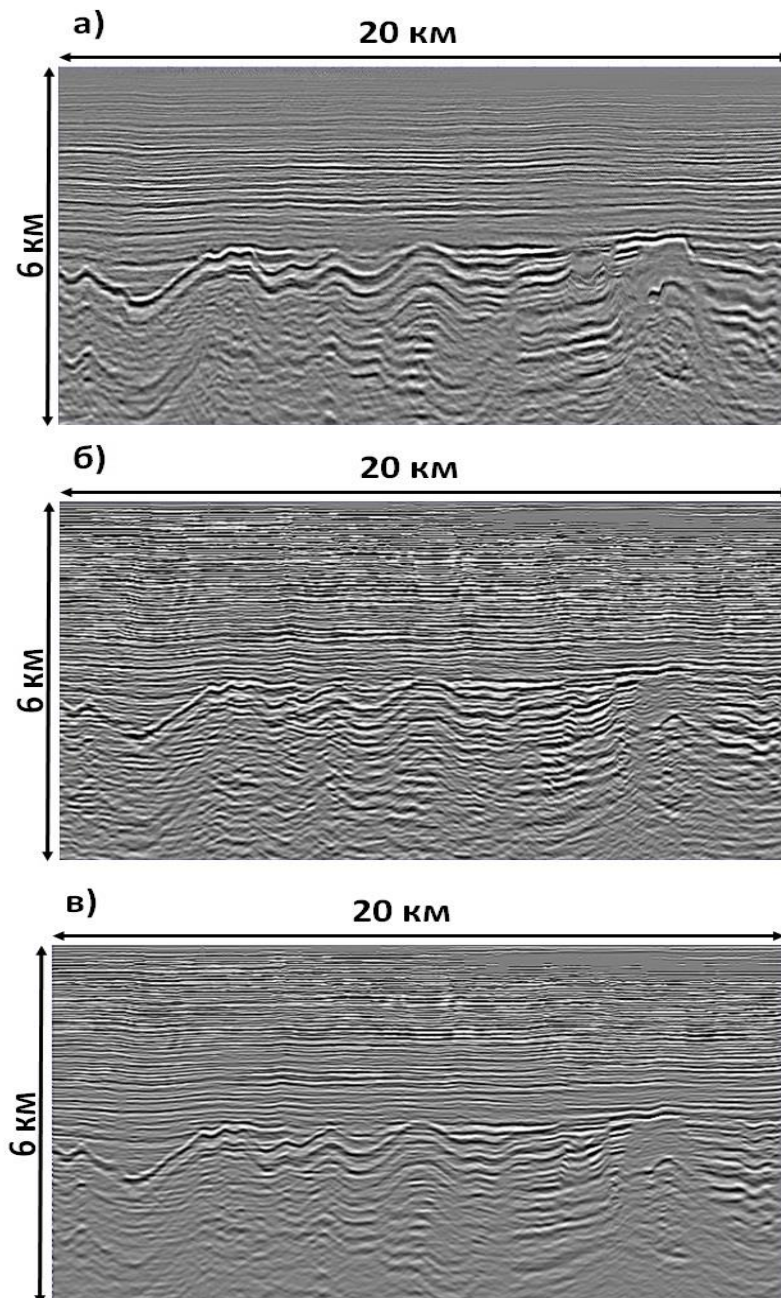


Рис. 3. Результаты миграции в «уточнённой» скоростной модели:
 а) – суммарный разрез с использованием «оптимизированной» глубинной миграции с фокусировкой Гауссовых пучков в глубине; б), в) разрезы с использованием глубинной объектно-ориентированной миграции для фиксированного угла открытия: б) - 00, в) - 100.

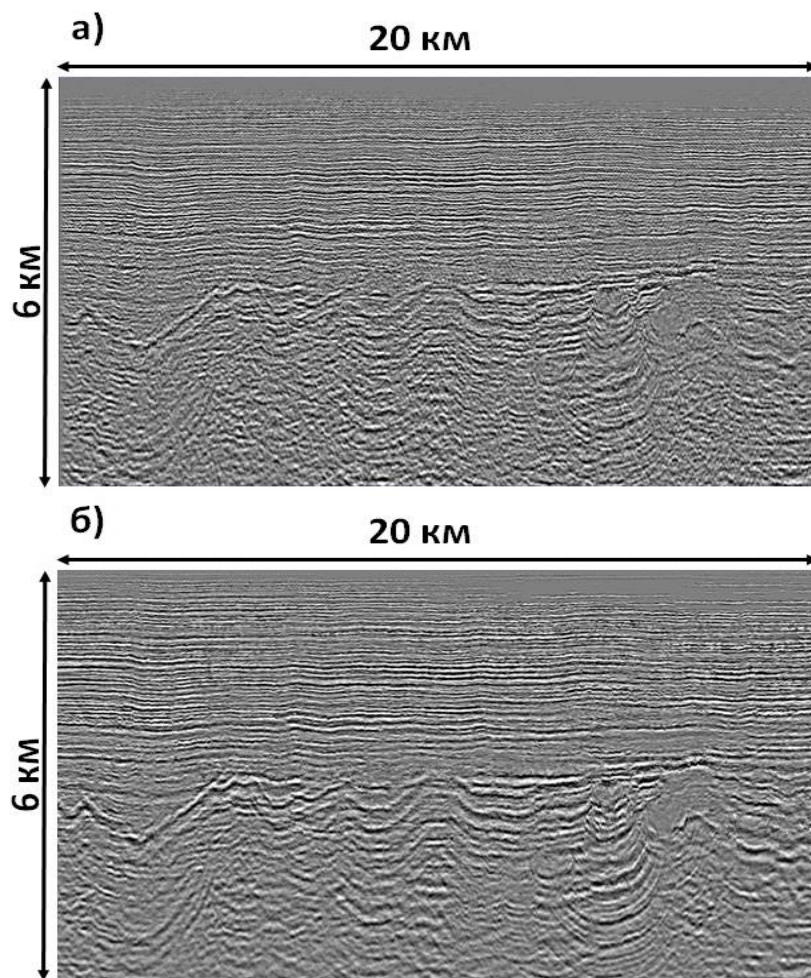


Рис. 4. Результаты миграции в «уточнённой» скоростной модели: а) – разрез с использованием «стандартной» глубинной миграции с разложением данных по Гауссовым пучкам для фиксированного выноса; б) – мигрированный разрез с использованием «оптимизированной» глубинной миграции с фокусировкой Гауссовых пучков в глубине для фиксированного выноса.

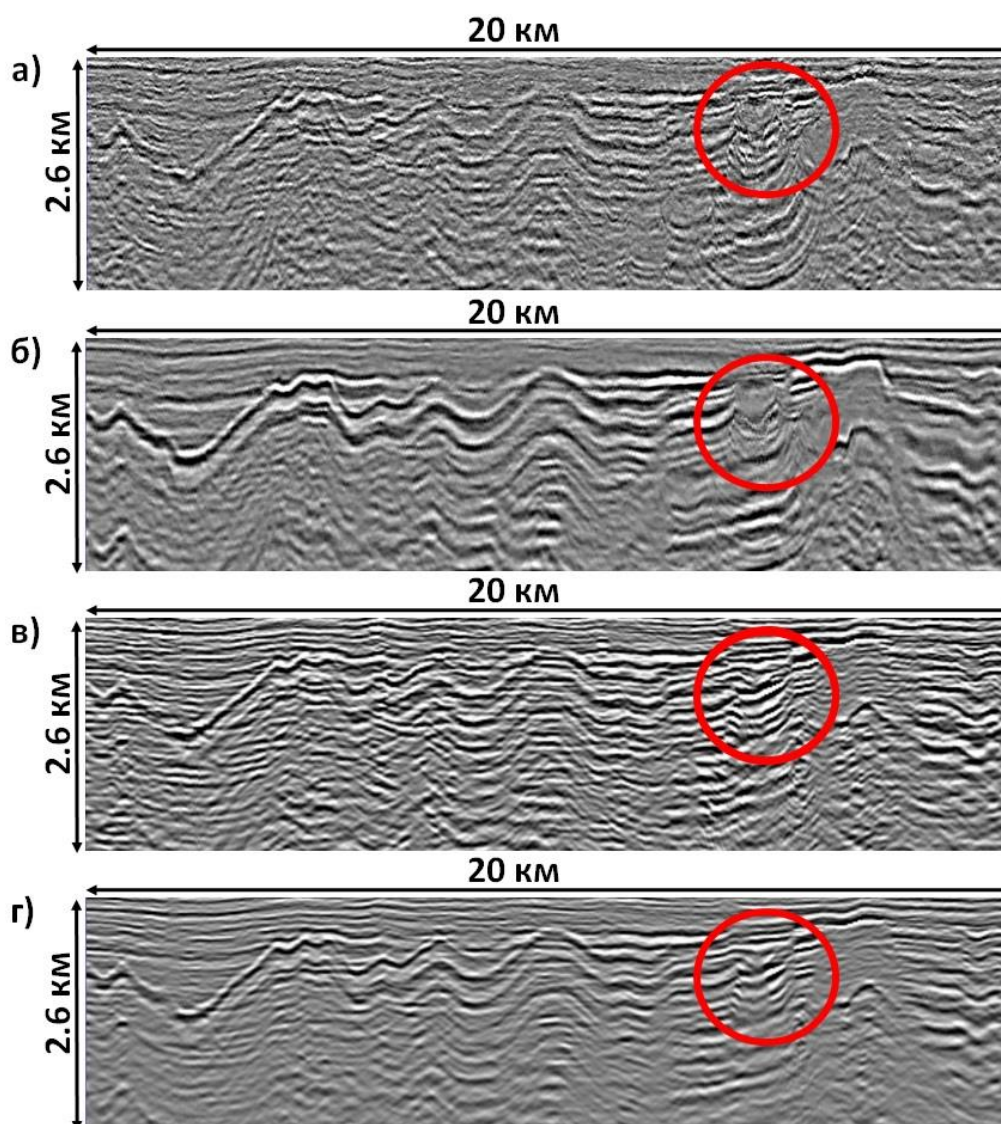


Рис. 5. Изображения доюрского комплекса в «уточнённой» скоростной модели: а) – суммарный разрез с использованием «оптимизированной» глубинной миграции; б) – разрез с использованием «оптимизированной» глубинной миграции для фиксированного выноса; в), г) – разрезы с использованием глубинной объектно-ориентированной миграции для фиксированного угла открытия: в) - 00, г) - 100.

Заключение

В работе проведено исследование алгоритмов миграции на предмет построения качественных изображений доюрского комплекса. Показана недостаточность временной обработки сейсмических данных и необходимость глубинной обработки для построения кинематически корректных изображений доюрских отложений, включая построение качественной глубинно-скоростной модели. Также проведено сравнение различных миграционных алгоритмов, основанных

на Гауссовых пучках, и выявлено, что объектно-ориентированная миграция даёт наиболее качественные результаты, а именно она восстанавливает детальное изображение объектов доюрского комплекса с хорошей прослеживаемостью горизонтов при достаточно высоком отношении сигнал/помеха.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке РФФИ и Новосибирской области в рамках научного проекта № 20-45-540004.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Протасов М.И., Чеверда В.А. Построение сейсмических изображений в истинных амплитудах /Доклады РАН. – 2006. – Т. 407. – № 4. – С. 528-532.
2. Hill N. R. Prestack Gaussian-beam depth migration // Geophysics. – 2001. – V.66. – P. 1240–1250.
3. Protasov M.I., Tcheverda V.A., Pravduhin A.P. 3D true-amplitude anisotropic elastic Gaussian beam depth migration of 3D irregular data // Journal of seismic exploration. – 2019. – V.28. – P.121-146.
4. Voronovicheva E.M., Litvichenko D.A., Pavlovskiy Y.V., Shevchenko A.A., Romancheko I.V., Lisitsa V.V., Cheverda V.A. and Vishnevsky D.M. 3D Seismic Modeling for Studying the Pre-Jurassic Complex of the Tomsk Region // Geomodel-2019. Geomodel 2019: International conference and exhibition “Geomodel 2019”: EAGE Extended Abstracts, Gelendzhik, 9–13 Sep 2019. – Gelendzhik: EAGE, 2019. – P.1–6.

REFERENCES

1. Protasov M.I., Cheverda V.A. Postroyeniye seysmicheskikh izobrazheniy v istinnykh amplitudakh /Doklady RAN. – 2006. – Т. 407. – № 4. – S. 528-532.
2. Hill N. R. Prestack Gaussian-beam depth migration // Geophysics. – 2001. – V.66. – P. 1240–1250.
3. Protasov M.I., Tcheverda V.A., Pravduhin A.P. 3D true-amplitude anisotropic elastic Gaussian beam depth migration of 3D irregular data // Journal of seismic exploration. – 2019. – V.28. – P.121-146.
4. Voronovicheva E.M., Litvichenko D.A., Pavlovskiy Y.V., Shevchenko A.A., Romancheko I.V., Lisitsa V.V., Cheverda V.A. and Vishnevsky D.M. 3D Seismic Modeling for Studying the Pre-Jurassic Complex of the Tomsk Region // Geomodel-2019. Geomodel 2019: International conference and exhibition “Geomodel 2019”: EAGE Extended Abstracts, Gelendzhik, 9–13 Sep 2019. – Gelendzhik: EAGE, 2019. – P.1–6.

© М. И. Протасов, Д. А. Литвиченко, 2021