

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.1-10>

EDN ALZNHU

УДК 550.834

Подготовка сейсмических данных на этапе обработки для спектральной декомпозиции

Климова Н.В., Евдокимов Н.А., Щетинин Д.А., Яневиц Р.Б.

ООО «Тюменский Нефтяной Научный Центр», Тюмень, Россия

Seismic data processing for spectral decomposition

N.V. Klimova, N.A. Evdokimov, D.A. Shchetinin, R.B. Yanevits

Tyumen Petroleum Research Center LLC, Tyumen, Russia

E-mail: nvklimova@tnnc.rosneft.ru

Аннотация. В настоящее время современные графы обработки предполагают использование различных многоканальных процедур фильтрации, направленных на повышение соотношения сигнал-помеха, что позволяет значительно повысить прослеживаемость отражающих горизонтов. Однако у данных процедур есть и обратная сторона, они могут приводить к заглаживанию малоразмерных аномалий волнового поля. Влияние процедур фильтрации на волновое поле и последующие результаты спектральной декомпозиции будет рассмотрено в данной статье.

Ключевые слова: *пространственная фильтрация, латеральная разрешенность, спектральная декомпозиция*

Для цитирования: Климова Н.В., Евдокимов Н.А., Щетинин Д.А., Яневиц Р.Б. Подготовка сейсмических данных на этапе обработки для спектральной декомпозиции // Нефтяная провинция.-2023.-№4(36).-С. 1-10. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.1-10>. - EDN ALZNHU

Abstract. Currently available seismic processing flows provide for application of numerous multichannel filtering procedures aimed at improvement of the signal-to-noise ratio to substantially enhance reflector traceability. On the other hand, these procedures can result in smoothed small-scale wavefield anomalies. The present paper considers the effect of filtering procedures on the wavefield and subsequent spectral decomposition results.

Keywords: *spatial filtering, lateral resolution, spectral decomposition*

For citation: N.V. Klimova, N.A. Evdokimov, D.A. Shchetinin, R.B. Yanevits Podgotovka seysmicheskikh dannyykh na etape obrabotki dlya spektral'noy dekompozitsii [Seismic data processing for spectral decom-

position]. Neftyanaya Provintsiya, No. 4(36), 2023. pp. 1-10. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.1-10>. EDN ALZNHU (in Russian)

Осадочные отложения Западно-Сибирского бассейна, с которыми связаны месторождения углеводородов, имеют значительную латеральную литолого-фациальную изменчивость, что обуславливает непостоянство их фильтрационно-ёмкостных свойств (ФЕС) [1]. Поэтому задача их прогнозирования в межскважинном пространстве становится весьма актуальной, так как простая интерполяция свойств приводит к серьёзным ошибкам, снижающим геологическую и экономическую эффективность работ. Сейсмические данные позволяют нам изучать межскважинное пространство, как в вертикальном, так и в латеральном направлении, однако от применяемых на этапе обработки процедур может существенно зависеть выразительность и контрастность сейсмического изображения, на основании которого выполняют выделение и оконтуривание различных объектов.

При построении геологических моделей месторождений, являющихся основой для проектирования разработки, необходимо комплексное использование разномасштабной геолого-геофизической информации с применением новейших технологий в области сейсмической интерпретации [2]. Как известно, не существует единой универсальной методики для прогноза петрофизических свойств в межскважинном пространстве по сейсмическим данным. Наиболее простым и общедоступным является динамический анализ атрибутов сейсмической записи, что позволяет получать информацию о геометрии и физических параметрах отложений. В дополнении к стандартному анализу атрибутов, рассчитанных по кубу сейсмических данных, в настоящее время широко применяется два подхода: спектральная декомпозиция и сейсмофациальный анализ по форме трассы [3].

Применение тех или иных процедур обработки сейсмической записи напрямую влияет на итоговые кинематические и динамические характери-

стики волнового поля. В настоящее время к результатам обработки предъявляют высокие требования, обусловленные необходимостью решения сложных задач структурной и динамической интерпретации [4]. Современные геолого-технические задания требуют получения данных характеризующихся максимальной разрешенностью как вертикальной, так и горизонтальной, сохранением истинного соотношения амплитуд, максимально возможной прослеживаемостью отражающих горизонтов и многое другое. Все это в конечном итоге, позволяет создавать более детальные модели отложений и достигать основной цели проекта – локализации перспективных зон для бурения.

Несмотря на то, что обработка сейсмических данных является преимущественно математическим процессом, основным способом оценки полученных результатов является не только количественный, но и качественный анализ. Необходимо помнить, что не всегда геофизик-обработчик знает, на что с геологической точки зрения стоит обратить внимание, поэтому, важное значение имеет интерпретационное сопровождение на ключевых этапах обработки сейсмических данных.

Стандартный граф-обработки, включает в себя пять основных этапов:

1. загрузка данных и оценка качества исходного материала;
2. этап кинематической обработки, на котором восстанавливается положение сейсмических границ и распределение скоростей по зарегистрированному волновому полю (расчет основных статических поправок, учет ВЧР, расчет кинематических поправок);
3. этап динамической обработки направлен на получение сейсмограмм и временных разрезов с сохранением истинного соотношения относительных амплитуд трасс (учет сферического расхождения, поверхностно-согласованная коррекция амплитуд, деконволюция, подавление волн помех);

4. этап миграции позволяет учесть сейсмический снос для наклонных границ и объектов сложных форм, а также качественно сфокусировать изображение в разломных и нарушенных зонах (регуляризация, миграция);
5. этап постмиграционной обработки (уточнение остаточных кинематических поправок, итоговое суммирование, нуль-фазовая деконволюция).

Выполнение всех этапов обработки позволяет получить сейсмические материалы (временные разрезы и сейсмограммы), которые характеризуются хорошей прослеживаемостью отражающих горизонтов, имеют максимально возможную временную разрешенность, с сохранением соотношения амплитуд. На этапе обработки критерием корректной работы алгоритмов фильтрации служит отсутствие составляющей полезного сигнала на разнице между исходным и отфильтрованным волновым полем. Контроль выполняется как по сейсмограммам, так и по суммарным временным разрезам. Кроме того, выполняется расчёт стандартных динамических атрибутов в широком окне анализа (RMS-записи, преобладающая частота).

В рамках данной работы после ключевых этапов выполнялся интерпретационный контроль, который позволил более детально оценить влияние пространственных фильтров на волновое поле. Результат работы представлен на примере площади, территориально расположенной в Пуровско-Тазовской районе ЯНАО. Основной поисковый объект нижней части покурской свиты приурочен к континентальным отложениям. В целом интервал представляет собой сложное полифациальное образование, генезис которого в определённой степени неоднозначен: песчаные отложения аллювиального и приливно-отливного генезиса, глинисто-алевритовые отложения пойм и приливно-отливной равнины. Большую часть площади занимают зоны пониженной песчаности, представленные переслаиванием приливно-отливных и пойменных глинисто-алевритовых осадков с малыми аккумулятивными телами песчаного состава и болотных отложений. Соответственно песчаные тела мигрирующих приливно-отливных протоков,

имеющие высокую степень гидродинамической связи, представляют собой значительный поисковый интерес.

На рис. 1 представлен вертикальный и горизонтальный срез до и после подавления помех после деконволюции и временной миграции по сумме. После процедур шумоподавления, таких как подавление случайных и линейных волн помех, мы наблюдаем значительное улучшение прослеживаемости горизонтов на вертикальном срезе. Но при этом произошли негативные изменения по латерали динамических особенностей волнового поля в целевых временных интервалах. Уменьшилась контрастность и произошло значительное заглаживание сейсмического отклика от геологических тел, и увеличилась неопределённость выделения аномалий руслового облика и различных линеаментов.

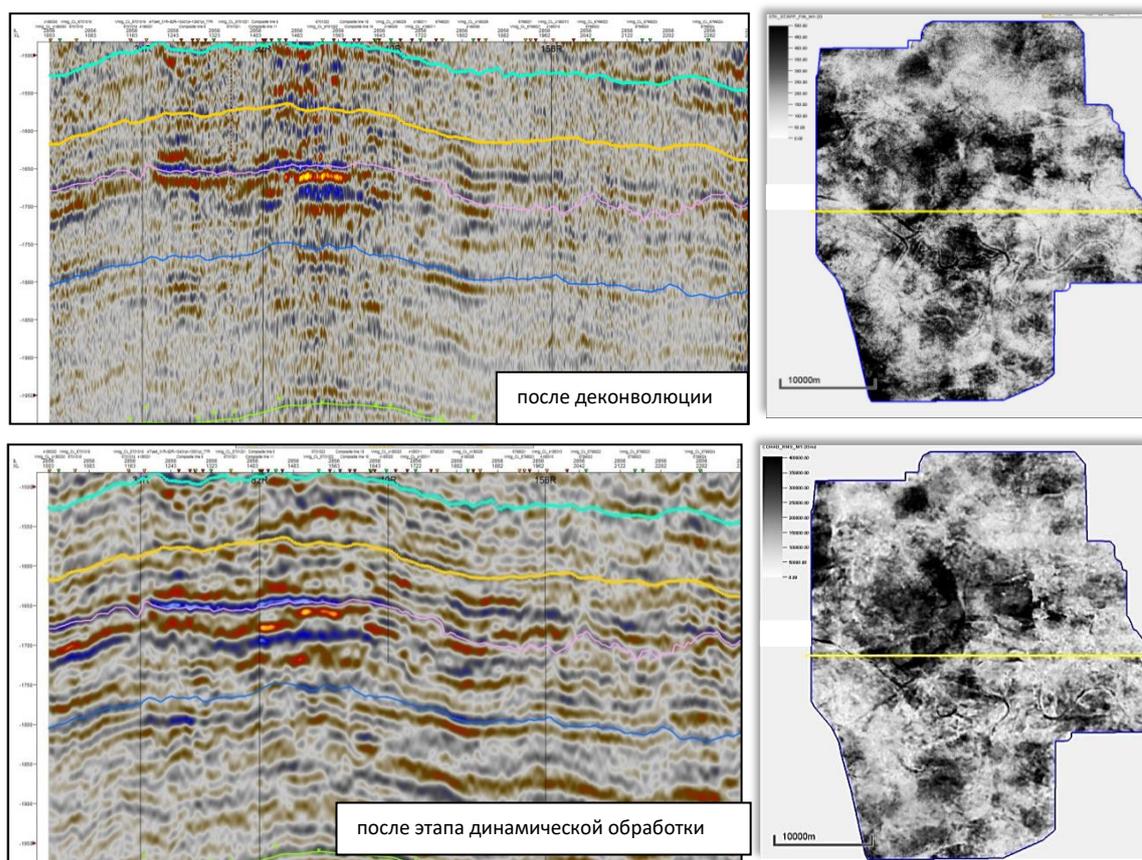


Рис. 1 Сопоставление результатов обработки с разных этапов

После анализа процедур, входящих в типовой граф обработки было принято решение получить тестовый вариант куба, исключая процедуры

пространственной фильтрации (вычитание линейных волн помех, вычитание случайных помех в сортировке Cross-spread), и выполнить по данным тестового и стандартного куба спектральную декомпозицию. В качестве метода разложения в данном случае использовано вейвлет-преобразование, частоты 30,35,40. На рис. 2 представлен результат в интервале продуктивного пласта ПК19, который имеет континентальный генезис и характеризуется крайне сложным строением. Сравнение срезов нам показало, что при стандартном графе обработки многие мелкие элементы в интервале пласта просто теряются, при этом результат объектно-ориентрованной обработки позволяет их выделить, тем самым повысить детальность построения геологической модели. Хочется отметить, что такие улучшения наблюдались для всего целевого интервала.

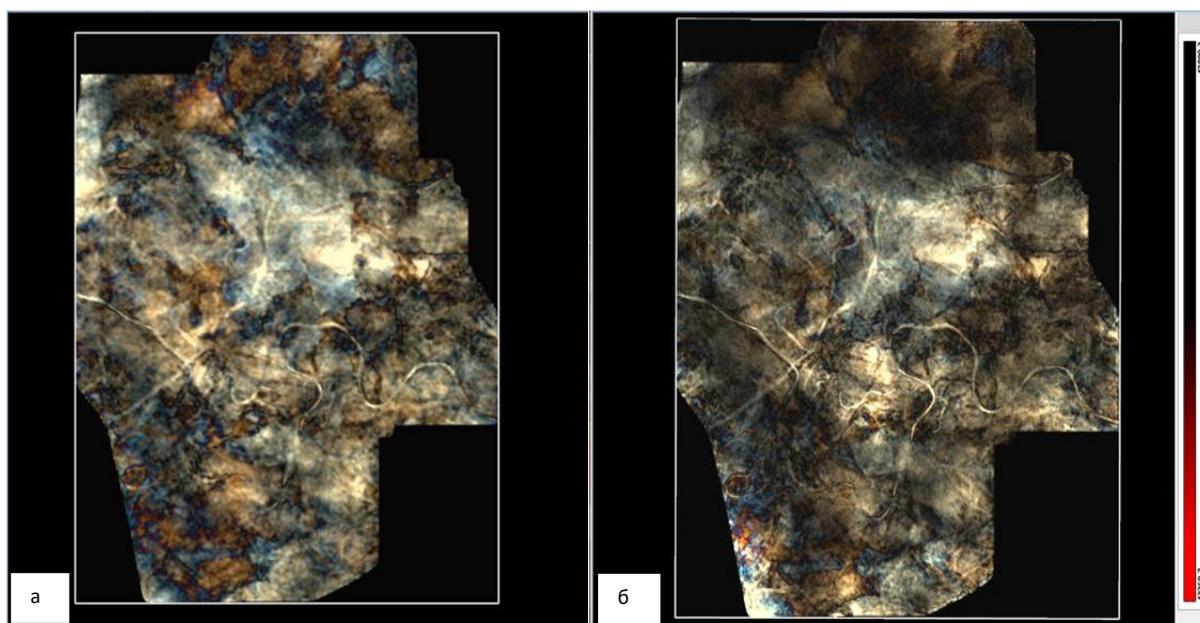


Рис. 2 Сопоставление результатов спектральной декомпозиции в интервале пласта ПК19 (а-стандартный граф-обработки, б-объектно-ориентированный)

Использование куба со специализированным графом обработки позволяет получить прирост информации о внутреннем строении изучаемых объектов. Сейсмические данные, имеющие высокое латеральное разрешение позволяют выполнить выделение и детальное картирование фациальных обстановок и в дальнейшем использовать полученные результаты для

построения детальных геологических моделей продуктивных резервуаров и оптимизировать размещение поисково-разведочного и эксплуатационного бурения.

Подобный граф-обработки опробован еще на нескольких площадях и везде наблюдается прирост дополнительной информации о геологическом строении изучаемых интервалов. Пример еще одной площади, расположенной на Красноленинском своде представлен на рис. 3.

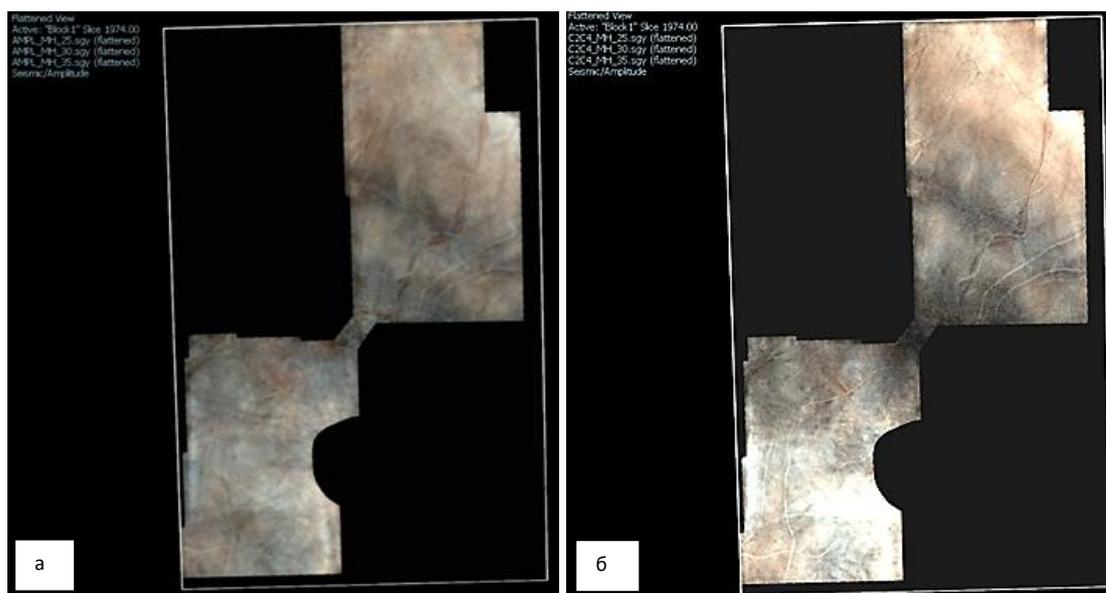


Рис. 3 Сопоставление результатов спектральной декомпозиции в интервале пласта ЮК2 (а-стандартный граф-обработки, б-объектно-ориентированный)

Пласты ЮК2-ЮК3 формировались в обстановке перехода от аллювиальной низменной равнины к прибрежной приливно-отливной равнине. Территория района исследований представляла собой слабопересечённую равнину. Во время накопления отложений ЮК3 значительно увеличивается степень меандрирования рек. Более обширными становятся площади заболоченности и распространения озёр. В кровле пласта ЮК3, и далее, по всему интервалу пласта ЮК2, усиливается влияние моря, с севера начинается продвижение эстуария вглубь прибрежной равнины. Процесс осадконакопления в основном заключался в постепенном продвижении вглубь территории заливов, ретроградация дельтовых систем вверх по русловым системам, переработка осадочного материала волновыми явлениями.

В этих интервалах пластов, являющихся одним из объектов разработки, по результатам применённого модифицированного графа обработки видна значительная детализация аномалий руслового облика, это позволило в дальнейшем построить более подробную фациальную схему. Для данного объекта разработки подробная фациальная схема легла в основу трёхмерной геологической модели, на которой выполнялось планирование и сопровождение эксплуатационного бурения.

В результате проведённого исследования сделаны следующие выводы:

1. Современные подходы к обработке сейсмических данных подразумевают применение широкого спектра пространственных фильтров, которые на первый взгляд улучшают качество волнового поля повышая соотношение сигнал/помеха, снижая влияния шумовой компоненты и различного рода помех. По факту происходит нивелирование эффектов, вызываемых малоразмерными геологическими объектами. Применение более мягких параметров или полное исключение из графа обработки пространственных фильтров позволяет сохранить в волновом поле малоразмерные геологические аномалии.

2. На этапе интерпретационного сопровождения обработки, стоит обращать особое внимание на процедуры, относящиеся к классу пространственных фильтров.

3. Для целей спектральной декомпозиции и сейсмофациального анализа рекомендуется использовать данные, обработанные без применения пространственных фильтров (выполнять объектно-ориентированную обработку данных).

4. Анализируя полученные результаты, нужно сделать акцент на том, что временные кубы полученные подобным графом-обработки, должны быть альтернативным вариантом, а не взаимоисключающим, поскольку

прослеживаемость отражающих горизонтов, временная разрешенность и амплитудно-частотные характеристики на них несколько ухудшены.

Список литературы

1. Горбунова А.О., «Условия формирования нефтегазоносных отложений Васюганской свиты Северо-Восточной части широтного Приобья»
2. Гайфулина Е.Ф., Надежницкая Н.В., Белоусов С.Л., Капустина Ю.С., Фищенко А.Н., Михеев М.Ю., «Комплексный анализ геолого-геофизической информации с целью прогноза фациальных обстановок пласта ЮС2 тюменской свиты» - Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ, №6, 2020, стр.25-39.
3. Муртазин Д.Г., «Спектральная декомпозиция – новые возможности детального динамического анализа сейсмических данных» - Текст: непосредственный //Геофизика, №5, 2016, стр. 68-73.
4. Никульников А.Ю., Горбачев С.В., Мясоедов Д.Н., Нурмухамедов, Т.В, «Применение количественного контроля качества в процессе обработки данных сейсморазведки» - Текст: непосредственный //Геофизика, №1, 2019, стр.55-64.

References

1. Gorbunova A.O. Usloviya formirovaniya neftegazonosnykh otlozheniy Vasyuganskoj svity Severo-Vostochnoy chasti shirotnogo Priob'ya [Depositional environment of the Vasyuganskaya suite in the Latitudinal Priobye North-Eastern Region]. (in Russian)
2. Gayfulina E.F., Nadezhnitskaya N.V., Belousov S.L., Kapustina Yu.S., Fishchenko A.N., Mikheev M.Yu. Comprehensive analysis of geological and geophysical information for the facies depositional environment prediction of YuS2 strata of Tyumen suite. Izvestiya VUZov. Neft i Gaz [Oil and Gas Studies]. 2020, No. 6, pp. 25-39. (in Russian)
3. Murtazin D.G. Spectral decomposition - New opportunities in detailed dynamic interpretation of seismic data. Geofizika [Geophysics]. 2016, No. 5, pp.68-73. (in Russian)
4. Nikulnikov A.Yu., Gorbachev S.V., Myasoedov D.N. Nurmukhamedov T.V The application of quantitative quality control in the processing of seismic data. Geofizika [Geophysics]. 2019, No.1, pp .55-64. (in Russian)

Сведения об авторах

Климова Наталья Викторовна, начальник отдела,
ООО «Тюменский нефтяной научный центр»
Россия, 625000, Тюмень, ул.Осипенко, 79/1
E-mail: nvklimova@tnnc.rosneft.ru

Евдокимов Николай Алексеевич, главный специалист,
ООО «Тюменский нефтяной научный центр»
Россия, 625000, Тюмень, ул.Осипенко, 79/1
E-mail: naevdokimov@tnnc.rosneft.ru

Щетинин Дмитрий Анатольевич, начальник отдела,
ООО «Тюменский нефтяной научный центр»

Россия, 625000, Тюмень, ул.Осипенко,79/1
E-mail: daschetinin@tnnc.rosneft.ru

Яневиц Рональд Брунович, начальник управления,
ООО «Тюменский нефтяной научный центр»
Россия, 625000, Тюмень, ул.Осипенко,79/1
E-mail: rbyanevits@tnnc.rosneft.ru

Authors

N.V. Klimova, Head of Department,
Tyumen Petroleum Research Center LLC
79/1, Osipenko st., Tyumen, 625000, Russian Federation
E-mail: nvklimova@tnnc.rosneft.ru

N.A. Evdokimov, Chief Specialist,
Tyumen Petroleum Research Center LLC
79/1, Osipenko st., Tyumen, 625000, Russian Federation
E-mail: naevdokimov@tnnc.rosneft.ru

D.A. Shchetinin, Head of Department,
Tyumen Petroleum Research Center LLC
79/1, Osipenko st., Tyumen, 625000, Russian Federation
E-mail: daschetinin@tnnc.rosneft.ru

R.B. Yanevits, Head of Administration,
Tyumen Petroleum Research Center LLC
79/1, Osipenko st., Tyumen, 625000, Russian Federation
E-mail: rbyanevits@tnnc.rosneft.ru

Статья поступила в редакцию 09.09.2023
Принята к публикации 20.12.2023
Опубликована 30.12.2023