

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ

В.Н. Устинова

(Национальный исследовательский Томский политехнический университет)

TECHNOLOGY FOR PROCESSING AND INTERPRETATION OF SEISMIC DATA IN THE MODERN SOFTWARE

V.N. Ustinova

(Tomsk Polytechnic University)

Аннотация.

Выполненные автором исследования позволили разработать технологии фильтрации сейсмического волнового поля, обеспечивающие высокоточный расчёт характеристик сейсмического сигнала и восстановление сейсмического сигнала на фоне помех с заданным порогом точности и соотношения сигнал/помеха. Разработанные технологии сейсмоморфологической интерпретации, основанные на геометрической параметризации систем тектонической трещиноватости и участков напряжённо-деформированного состояния структур, позволяют решать ряд сложных задач сейсмофациальной интерпретации, локализации участков повышенной мощности песчаных коллекторов, повысить экономическую эффективность сейсмических работ.

Abstract.

Accomplished author of the study enabled the development of filtering technology of seismic wave field, which provide a high-precision calculation of the characteristics of the seismic signal and recovery of the seismic signal from the noise background with a given threshold precision and signal / noise ratio. Seismic technology developed by the author of the morphological interpretations are based on the geometric parameterization tectonic fracture systems and areas of the stress-strain state of structures allow to solve a number of challenges seismic facies interpretation, detecting areas of increased power sand reservoirs, improve economic efficiency of seismic work.

В современных обрабатывающих системах Landmark, Paradigm Geophysical, Omega-2 в обработке сейсмоданных реализованы достаточно эффективные алгоритмы фильтрации, деконволюции сейсмоданных. Специалисты в различных системах обработки добиваются устойчивой картины изображения на сейсмических разрезах полезных сейсмических сигналов – сейсмических волн от маркирующих отражающих горизонтов. Материал по различным нефтегазоперспективным территориям разнороден.

Для Западно-Сибирской плиты (ЗСП) и Восточной Сибири основные помехи – звуковые, кратные волны. На территориях, где в верхней части разреза траппы или прослойки вечномёрзлых пород волновое поле осложнено поверхностными преломлёнными и обменными волнами. Эффективны алгоритмы вычитания близповерхностных волн помех *FK*-фильтрами. Однако многократное их применение ухудшает качество результата.

Исследования авторов посвящены созданию технологий и аналитических формул и теоретических моделей рекурсивной фильтрации сейсмического волнового поля, основанные на современных разработках фильтров Калмана, Чебышева, Бесселя, адаптированные к структуре волновых сейсмических реализаций, с учётом знания типовых моделей импульсных характеристик среды, частотного состава составляющих, особенностей дискретизации сигнала, уровня шума, помехоустойчивости компонент сигнала. Разработанные алгоритмы и технологии фильтрации могут применяться в современных программных комплексах или требуют незначительной доработки существующих программных средств.

Метод создания цифровых моделей сейсмических сигналов и цифровых динамических моделей передаточных характеристик рекурсивных фильтров с уникальными способами управления, оценками критериев управления процесса фильтрации и линейно-квадратического регулирования процесса фильтрации, с исследованием и типизацией параметров динамической системы (сейсмического сигнала) на основе фрактальной параметризации динамических систем передаточных характеристик, – является весьма перспективным в современной сейсморазведке, при необходимости увеличения соотношения сигнал/помеха и повышении требований к точности структурных и литологических построений.

В основе авторских разработок типов фильтров лежит опыт теоретических и экспериментальных исследований. Разработка оптимальных фильтров предполагает: создание цифровых моделей среды в виде импульсных трасс отклика для заданных интервалов сейсмического разреза; типизацию моделей с использованием нелинейных способов моделирования, геометрических и статистических фракталов; получение спектральных характеристик моделей среды, факторизацию спектров; разработку моделей передаточных характеристик фильтров на основе моделей экспериментальных образцов, что обеспечивает создание эффективных, заданного уровня точности реконструкций сейсмических сигналов, и достижение заданного уровня соотношения сигнал/помеха. Этот метод апробирован авторами при разработке алгоритмов и программ для тестовых реализаций, 2D и 3D сейсмоданных ЗСП. Экспериментальное опробование квадратичных методов факторизации спектров, типизации сигналов с использованием функций Бесселя, геометрических функций, регулирование формы передаточных характеристик с заданием типовых моделей области фильтрации, – показывает эффективность подхода, и возможность повысить соотношение сигнал/помеха на 10–12%, оптимальность выделения частот

диапазона 70–90Гц, и возможность увеличить точность структурных построений на 4–5%.

Метод создания цифровых моделей сейсмических сигналов и цифровых динамических моделей передаточных характеристик фильтров, фильтров Калмана, Бесселя, Чебышева с уникальными способами управления, оценками критериев управления процесса фильтрации и линейно-квадратического регулирования процесса фильтрации, с исследованием и типизацией параметров динамической системы (сейсмического сигнала) на основе фрактальной параметризации динамических систем передаточных характеристик, – является направлением, теоретические и практические разработки в котором позволят предложить новые фундаментальные и практические решения восстановления формы сигнала и подавления помех. При этом в современных схемах фильтрации рекомендуется применять модели сейсмических сигналов и цифровые динамические модели, которые характеризуют вектор состояния среды распространения сейсмических волн, они должны быть основаны на изучении закономерностей строения интервалов разреза, с воссозданием моделей отклика системы, и учётом особенностей сочетания и взаимного дополнения интервалов, ответственных за высокочастотные компоненты сигнала. Основная задача, возникающая при проектировании фильтров – создать априорные модели поведения в системе высокочастотных компонент сейсмических сигналов и спектров, оценить коэффициенты передаточных характеристик фильтров, позволяющие увеличить интенсивность и представительность в спектрах и выходных сигналах высокочастотных компонент. Фильтры Бесселя [1] с разработкой условий входа, выхода, структуры фильтров и передаточных характеристик предоставляет возможность получить оценки внутреннего состояния системы, создать цифровые модели среды, связанные с особенностями их внутренней структуры. Применение таких фильтров позволяет повысить разрешающую способность фильтрации сейсмических сигналов, увеличить соотношение сигнал/помеха на 13–16%, создать для процедур инверсии сейсмического волнового поля цифровые модели среды и модели сейсмического импульса, соответствующие индивидуальным особенностям строения региона исследований и локального объекта, повысить качество структуропостроения.

Важную информацию о строении сейсмокомплексов, о напряжённо-деформированном состоянии структур можно получить по 3D моделям, структурным картам, которые строятся в стандартных системах обработки Landmark, Paradigm Geophysical. Изучение и анализ морфологии сейсмических структур позволяет получать сведения об их форме [1] и о наличии систем нарушений, трещиноватости [2–4] (доступно в программных продуктах SeisWorks Landmark, GeoSec Paradigm Geophysical). Важно в сейсмических моделях – этапность образования и развития трещин [2], уточнение типа сейсмофаций разреза и выявление напряжённых и проницаемых зон. Морфология палеоповерхности, её структурно-

тектонические характеристики есть основа для изучения особенностей исторического развития, генезиса, фациальной составленности палеорельефа [5]. Структурные карты по сейсмическим горизонтам источник знаний о параметрах палеорельефа и о его вертикальной изменчивости. Понимание характера взаимодействия и пространственного распределения на структурных поднятиях вертикальных и горизонтальных напряжений, способствующих деформации поднятия, возникновению зон наиболее интенсивного роста (на разных этапах осадконакопления), зон сжатия и растяжения, обуславливающих возникновение мозаичного сочетания сегментов повышенных и пониженных напряжений [6], возможно при условии высокоточных реконструкций сейсмических структурных карт. Анализ сейсмических карт разного возраста отложений, с учётом изменчивости морфологии поверхностей и структурообразующих факторов, позволяет выделять для слоёв мощностью до 4–6 м зоны различной степени и типа деформированности. В стресс-моделях по анализируемой поверхности, по форме структуры можно локализовать зоны сжатия, и локальные зоны разуплотнения («декомпрессии» по Ю.А. Морозову [6]).

Один из способов выявления ячеек напряжённого состояния структур – их геометрическая типизация и фрактальная параметризация в структурном плане [1]. Морфоформы, как структуры разной степени напряжённого состояния, ранжируются по типу фрактала, энтропии, размерности Хаусдорфа. С учётом напряженно-деформированного состояния структуры и по величине стресс-параметра оцениваются ёмкостные характеристики резервуаров. Основываясь на современных программных средствах и технологиях (Landmark, Paradigm Geophysical) методика позволяет создавать геологические модели осадочных образований, реконструировать этапы тектонической перестройки рельефа палеоповерхностей, существенно повысить вероятность обнаружения и локализации зон сжатия, растяжения, тектонической трещиноватости.

Литература

1. Устинова В.Н., Устинова И.Г. Статистическая параметризация симметричных геофизических объектов. – Известия ТПУ. – 2003. – № 5. – С. 36–41.
2. Шульц С.С. Планетарная трещиноватость. – М., 1973. – 347 с.
3. Микуленко К.И., Шенин Г.Г. Трещиноватость юрских и нижнемеловых пород Обь-Иртышского междуречья // Научные труды СНИИГиМС. – Новосибирск, 1971. – Вып. 132. – С. 90–101.
4. Кузьмин С.Б. Оценка ширины зон активных разломов методами неотектоники и структурной геоморфологии (на примере Восточного Саяна и Западного Прибайкалья) // Геотектоника. – 1998. – № 1. – С.37–46.
5. Устинова В.Н. Морфологическая интерпретация сейсмических поверхностей. – Отечественная геология. – 2005. – №6. – С. 60-67.
6. Морозов Ю.А. Структурная роль транспрессии и транстенсии // Геотектоника. – № 6. – С. 3–24.

