

# 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 70–90 Гц, 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.

