

Контроль качества и полевая обработка сейсмических данных в программе RadExPro Plus

С.В. Буряк, Р.Л. Певзнер, А.И. Понимаскин, А.Е. Харитонов, ООО «Деко-геофизика», г. Москва

Введение

Неотъемлемой частью технологии полевых сейсмических наблюдений является контроль качества получаемых материалов и выявление некондиционных данных. Совершенствование аппаратной базы разведки и прогресс в развитии средств вычислительной техники привели к тому, что стало возможным непосредственно в поле оперативно оценивать качество каждого физического наблюдения на основе вычисляемых интегральных параметров записи, а также проводить предварительный этап обработки. Для этих целей в компании ООО «Деко-геофизика» при участии специалистов МГУ им. М.В. Ломоносова и поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере Правительства РФ (проект №6308) на основе системы обработки сейсмических данных RadExPro Plus был разработан специализированный пакет программ. При создании пакета ставились следующие задачи:

1. Пакет для контроля качества должен быть реализован на платформе операционных систем семейства Windows. Просто в силу того, что основные программные продукты, используемые супервайзерской службой, такие как: офисные приложения; пакеты для планирования съемки (Mesa, Пикеза) и др., — также работают из-под Windows. Помимо прочего, важным преимуществом ОС Windows является то, что в случае сбоя, с задачей ее установки и настройки способен справиться практически любой оператор современного полевого сейсморегистрирующего комплекса, в то время как установка и администрирование любой Linux/Unix-системы под силу только опытному системному инженеру, который не всегда доступен в поле.

2. Программа должна обеспечивать ввод данных практически в любом формате, используемом в настоящее время индустрией. Для этого RadExPro должен поддерживать такие форматы, как SEG-Y, SEG-D, CIG-3, SEG-B, SEG-2 и многие другие, причем с учетом особенностей, вносимых системами регистрации данных таких производителей, как Sercel, I/O, СИ-Технолоджи.

Также должна быть обеспечена возможность чтения данных, поступающих на CD/DVD, магнитных лентах (IBM 3490/3590, Exabyte) и пр.

3. Пакет должен обеспечивать возможность проводить обработку данных до получения предварительных суммарных разрезов.

4. Набор специализированных средств для контроля качества сейсмических данных должен позволять в минимальные сроки (для того, чтобы отбракованное физическое наблюдение могло быть оперативно отработано заново) выявлять случаи нарушения технологии проведения полевых работ, ошибки в геометрии наблюдений, объективно оценивать качество получаемого материала.

В настоящей статье будут рассмотрены основные особенности пакета и применение его для контроля качества сейсмических данных и проведения полевой обработки.

Ввод данных, присвоение геометрии полевой системы наблюдений, контроль правильности присвоения геометрии.

Начальным этапом работы является загрузка данных с того носителя, на котором они передаются со станции, в пакет RadExPro Plus и присвоение им геометрии наблюдений. Исходные сведения о положении источников/приемников могут быть либо сразу прочитаны из заголовков трасс, либо импортированы из SPS-файлов или текстовых таблиц. В пакете также предусмотрены средства для интерактивного 2D/3D бинирования сейсмических данных, включая бинирование вдоль произвольного заданного пользователем траверса.

Для контроля присвоенной геометрии проводят сравнение теоретического и наблюдаемого годографа прямой волны для каждого физического наблюдения (Рис. 1). Их несовпадение говорит либо об ошибках в координатах, либо о неправильной коммутации каналов на станции.

Помимо контроля правильности геометрии, по временам прихода прямой волны также оценивается скорость распространения продольных волн в ВЧР, сравнение которой со скоростью, опреде-

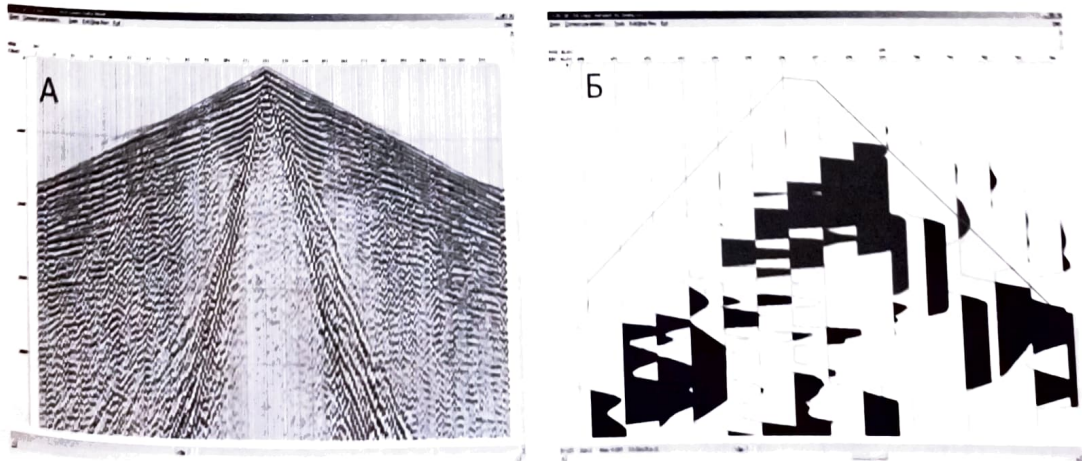


Рис. 1. Пример контроля геометрии. А – совпадение теоретического годографа (красная линия) с настоящими вступлениями прямой волны. Б – увеличенный фрагмент другой сейсмограммы, иллюстрирующий выявленную ошибку в коммутации каналов

ленной по измерениям t_a , позволяет выявлять грубые нарушения технологии связанные с заложением заряда на неоптимальную глубину.

Критерии качества физического наблюдения.

На следующем этапе проводится анализ качества физических наблюдений. До недавнего времени этот этап осуществлялся по результатам повального вывода сейсмограмм, оценка качества каждого конкретного физического наблюдения проводилась на основе личного опыта супервайзера. В работе [1], например, предлагается оценивать качество физического наблюдения по трехбалльной шкале – оценка «отлично» ставится при «высоком техническом и методическом качестве полевых работ и высоком качестве регистрации при наличии прослеживаемых осей синфазности целевых отражений». Недостатки субъективного визуального оценивания понятны: невозможно стандартизовать требования к качеству полевого материала, исключить «человеческий фактор».

Современной альтернативой такому подходу к контролю качества сейсмических данных, является количественная оценка динамических характеристик волнового поля, зарегистрированного на каждом конкретном физическом наблюдении. При этом полученные параметры могут или использоваться при формировании некоторой обобщенной оценки качества сейсмической записи, или работать как необходимое условие для того, чтобы данное физическое наблюдение было принято в обработку.

Как правило, информативными являются следующие оценки.

1. Оценка спектрального состава целевых отражений. Аномалии спектрального состава, такие как слишком низкая центральная частота, могут свидетельствовать о нарушениях технологии или необходимости изменения условий возбуждения.

2. Оценка энергии или амплитуды отражений. При этом понятно, что для того, чтобы адекватно судить о качестве данных, необходимо получить такие оценки в разных частях записи, а также рассматривать их отношение друг к другу. Обычно отдельно определяются:

- уровень микросейсм, оценивается в окне до первых вступлений – слишком высокий уровень может свидетельствовать о нарушениях технологии при установке (групп) сейсмоприемников, а также при проведении сейсмических работ в неоптимальных погодных условиях и т.д;

- энергия в интервале записи, содержащей целевые отражения;

- энергия поверхностных волн или иных когерентных помех.

3. Оценка отношения сигнал/помеха, которая получается или из сопоставления энергии в различных участках записи, или при помощи подходов, основанных на вычислениях ФВК и АКФ сейсмических трасс.

В программе RadExPro Plus для определения перечисленных параметров записи разработан модуль Ensemble QC Compute (Рис. 2).

Как уже говорилось, определение динамических характеристик сейсмической записи для целей оценки качества конкретного физического наблюдения должно проводиться в нескольких окнах. Окна задаются в диалоге параметров модуля граничными значениями времен и удалений источник/приемник. Для одновременного расчета параметров в нескольких окнах в поток обработки ставятся несколько экземпляров

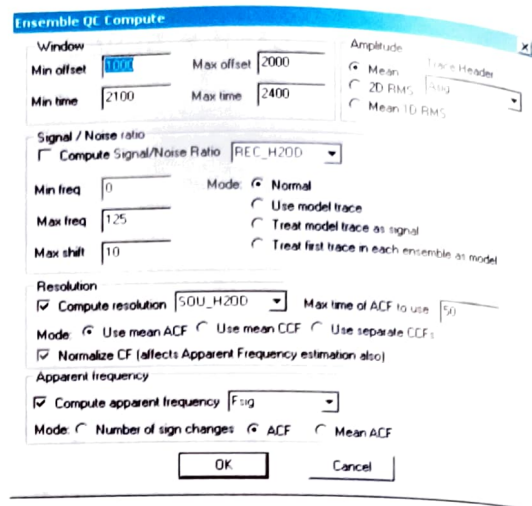


Рис. 2. Диалог задания параметров модуля Ensemble QC Compute

данного модуля. Пример расположения окон на сейсмограмме приведен на Рис. 3.

Одно окно (01) располагается в области, где регистрируются только микросейсм или иные шумы, связанные со сторонними (нежелательными) источниками. Окно 03 используется для получения характеристик полезного сигнала и располагается в области целевых отражений (при этом трассы, на которых оцениваются характеристики микросейсм и целевых отражений разумно выбирать одни и те же). Окно 02 предназначено, для оценки характеристик когерентных помех, например, поверхностных волн. В каждом из окон модуль Ensemble QC Compute позволяет оценивать следующие параметры: среднюю амплитуду или энергию, среднюю частоту в спектре, отношение сигнал/помеха, оценка разрешающей способности. Отдельно оценивается скорость в ВЧР по прямой волне.

Перед началом работ, заказчиком фиксируются пороговые значения характеристик записи: физические наблюдения, с худшими показателями

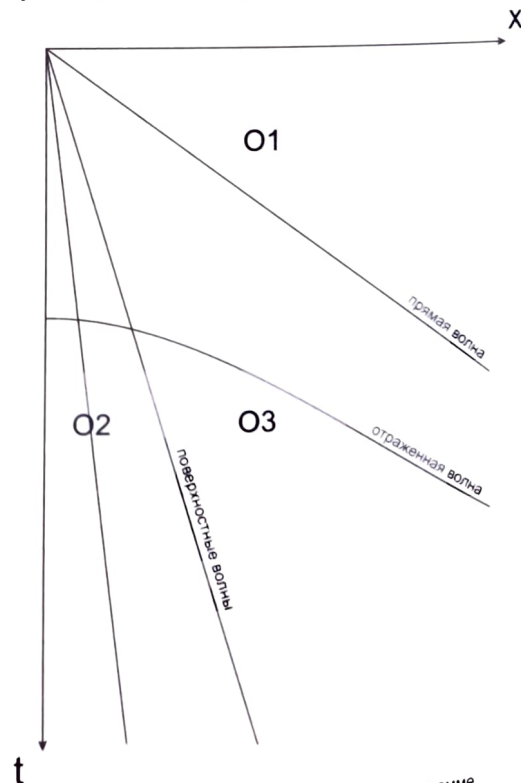


Рис. 3. Пример расположения окон на сейсмограмме

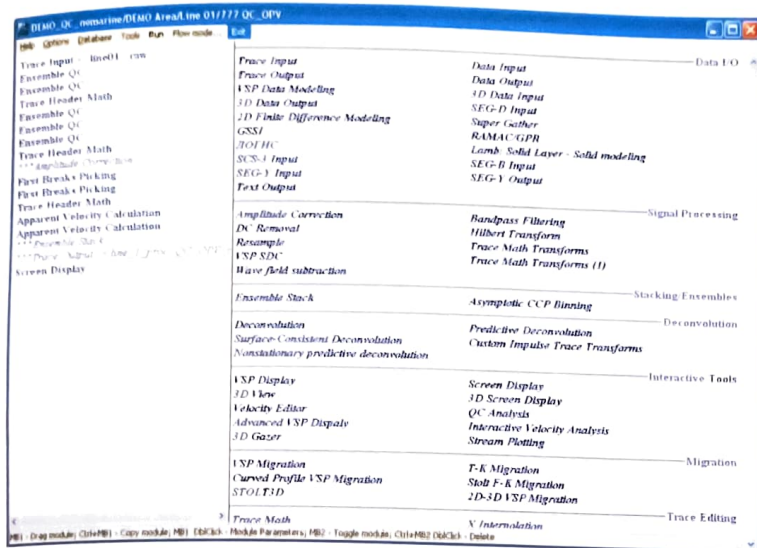


Рис. 4. Редактор потоков RadExPro Plus

ми отбраковываются. Опыт применения такого подхода во время полевых работ в Западной Сибири показал, что основными критериями, по которым физическое наблюдение может быть отбраковано, являются:

- низкая центральная частота сигнала;
- высокая амплитуда микросейсм;
- низкое отношение амплитуды сигнала к амплитуде микросейсм;
- большая разница между скоростью в ВЧР, определенной по вертикальному времени и по географу прямой волны.

Очевидно, применяя модуль к по-разному построенным ансамблям трасс, можно получить характеристики, как физических наблюдений, так и сейсмограмм ОПП. В программе предусмотрено удобное средство пересортировки данных при вводе их в поток обработки.

Для анализа пространственного распределения атрибутов качества сейсмических данных и изучения влияния поверхностных условий (орогидрографии) на качество полевых данных, полученные оценки можно вынести на топографическую основу, привязав к координатам источников или приемников. Для этих целей в пакете RadExPro Plus предусмотрено специальное средство Map. Кроме того, экспортировав

полученные атрибуты в текстовый файл, можно воспользоваться внешними средствами, например, Golden Software Surfer, для вынесения их на топографическую основу.

Предварительная обработка сейсмических данных.

Принятые данные на этапе полевых наблюдений могут подвергаться предварительной обработке — отбраковке сбойных трасс, базовой обработке сигнала, введению статических поправок (ВЧ и за рельеф), скоростному анализу, и получению предварительных суммарных разрезов или кубов.

Для этих целей в пакете RadExPro Plus предусмотрен достаточный набор (порядка ста) модулей математической обработки, средства для построения потоков обработки и интерактивного анализа данных.

На Рис. 4 показан редактор потоков пакета RadExPro Plus.

Интерактивные инструменты для анализа данных включают в себя средство визуализации сейсмических данных Screen Display, интерактивный скоростной анализ, Рис. 5 (Interactive Velocity Analysis), интерактивный горизонтальный скоростной анализ (HVA) и многое другое.

Полученные в результате предварительной полевой обработки библиотеки отбракованных трасс, результаты скоростного анализа, предварительные суммы передаются при сдаче полевых материалов заказчику и используются в дальнейшем при обработке данных.

Выводы

В статье приведен обзор возможностей программного комплекса RadExPro Plus при проведении полевой обработки и контроля качества получаемых сейсмических данных. Программа обладает гибкой системой ввода данных, достаточным набором процедур обработки для реализации стандартного полевого графа, а также оригинальными средствами для расчета

и анализа атрибутов качества сейсмических данных. Настоящий программный продукт ориентирован на использование как супервайзерами, непосредственно принимающими участие в полевых работах, так и специалистами, отвечающими за приемку полевых материалов со стороны заказчика. В настоящее время программа прошла успешное опробование при сейсморазведочных работах в различных районах и эксплуатируется рядом сервисных и нефтяных компаний.

Литература

1. Потапов О.А. Технология полевых сейсморазведочных работ. — М.: Недра, 1987. — 309 с.

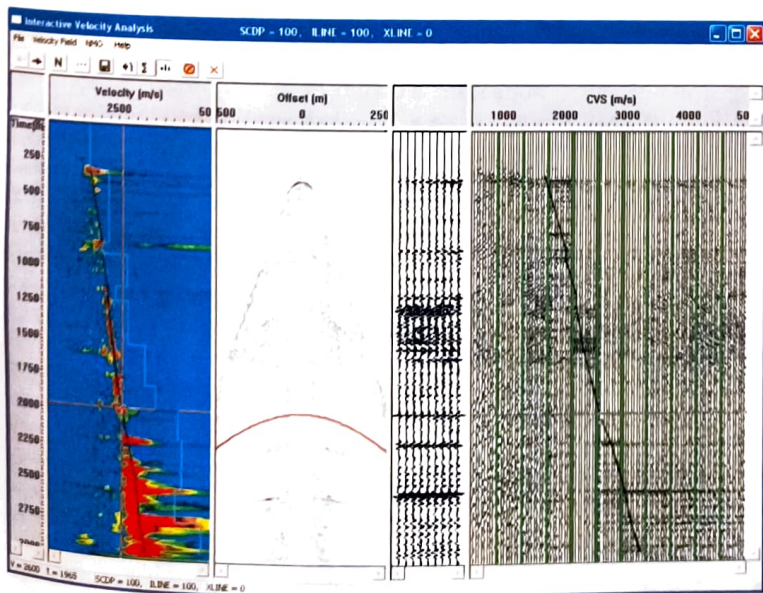


Рис. 5. Интерактивный скоростной анализ

Результаты работ по обработке и интерпретации сейсморазведки 3D-3C в районе скважины Камовская -1

В.А. Пухарев, А.А. Беженцев, Ю.Г. Ухалов, ООО «Геология резервуара», В.А. Детков, ОАО «Енисейгеофизика»
В.Г. Худорожков, А.А. Дека, ООО «Красноярсказдобыча»

В последнее время повышенный интерес представляет практическое использование многоволновой сейсморазведки в сложнопостроенных районах. В данной статье рассматриваются результаты интерпретации трехкомпонентных исследований в районе скважины Камовская-1 в пределах Оморинского лицензионного участка Красноярского края.

Полевые работы по объекту проводились ОАО «Енисейгеофизика» с применением регистрирующей аппаратуры SERCEL-408 UL и трехкомпонентными датчиками DSU-3. В качестве источника возбуждения использовались электромагнитные импульсные источники «Енисей СЭМ-100», серийно выпускаемых ОАО «Енисейгеофизика». Обработка и интерпретация полученных материалов 3D-3C были проведены в ООО «Геология резервуара» в городе Тюмени.

Основными нефтегазоносными комплексами в районе работ являются рифейские и вендские отложения. Тип ловушек УВ самый разнообразный: структурного и неструктурного типов.

Скважина Камовская-1 расположена в центре площади исследований (Рис.1). В скважине проведено трехкомпонентное ВСП, а также акустический, нейтронный и боковой каротажи по всему стволу до 2426,2 м, и детальные каротажные исследования в целевом интервале от 2057,4 м до 2426,2 м.

В результате проведенной обработки был получен временные и глубинные кубы сейсмической записи по Z и X компонентам в интервале от 0 до 4,0 с (Рис. 3).

Непосредственно в скважине 1 были проведены трехкомпонентные исследования СК и ВСП, которые позволили получить скорости для продольных, поперечных и обменных волн. Для сейсмогеологической привязки использовались вертикальные годографы PP и PS волн (Рис. 2). Помимо традиционной привязки по отраженным продольным волнам была выполнена стратиграфическая привязка по отраженным обменным волнам типа PS.

Была выполнена привязка сейсмических данных к геологическому разрезу. Исходными данными для построения синтетических сейсмограмм являются кривые изменения скорости и плотности пород в разрезе по данным каротажа.

Комплексное использование данных сейсморазведки 3D-3C и скважинных данных, в том числе трехкомпонентного ВСП, позволило довольно точно осуществить привязку сейсмических отражений к геологическим границам, в целевом интервале по продольным и обменным волнам. Затем осуществлялась корреляция

основных отражающих горизонтов в рифейских, вендских и кембрийских отложениях по продольным и поперечным волнам.

Следует отметить, что идентификация даже устойчивых отражений по Z и X компонентам практически невозможна без скважинной информации. Этот факт наглядно демонстрируют разрезы амплитудных и фазовых характеристик в районе скважины (Рис. 6-7). Разрезы X-компоненты гораздо сложнее для корреляции и виду не выраженности и не выдержанности по амплитуде и частоте отдельных отражений.

Аналогичная картина отмечается по разрезам импедансов для Z и X компонентам.

Учитывая вышесказанное, можно еще раз подчеркнуть, что выделение и прослеживание ОВ по X компоненте находится в жесткой зависимости от результатов привязки и данных скоростей.

По прослеженным горизонтам R, B, V1 и V2 рассчитывались амплитуды, частоты, фазовые характеристики, импедансы в окне 50 мс. В результате были построены карты амплитуд, фазовой характеристики и импедансов для анализа и сравнения по Z и X компонентам, чтобы оценить преимущества трехкомпонентных сейсмических наблюдений.

Анализируя и сравнивая результаты по Z и X компонентам по картам изохрон для всех прослеженных горизонтов можно отметить, что диапазон изменения времен и детальность карт, построенных по разрезам X-компоненты, выше. Они имеют более детальный или дифференцированный вид относительно карт, полученных по Z-компоненте (Рис. 8-9).

Например, в продуктивном интервале V2 R (Рис. 9), диапазон изменения временных толщин от 15 до 25 мс по Z-компоненте, тогда как по X-компоненте — от 15 мс до 36 мс. Таким образом, можно сделать вывод о том, что применение трехкомпонентных наблюдений позволяет картировать маломощные объекты, а также повышает детальность карт и точность структурных построений. Полученная аномалия на карте соотношения временных интервалов Z- и X-компонент для целевого интервала характеризует положение залежи УВ.

Была выполнена петрофизическая интерпретация по скважине Камовская-1 и расчет скоростных параметров по методам Shears и Biot-Gassman. Для анализа использовались следующие каротажные кривые ГИС: AKI, DS-inch, GGKP, GK, NGK, RPO. Расчет глинистости проводился по методу Акустического Плотностного кроссплота, расчет пористости по методу Плотностного-Нейтронного кроссплота, расчет водонасыщенности по методу Dual Water. Полученные кривые использова-