



Многофункциональная система анализа и контроля качества полевых сейсмоданных, разработанная в ООО «ГСД», построенная на базе программного обеспечения "SeisWin-QC", функционирующего под управлением ОС семейства Windows, включая Windows Vista и 7, обеспечивает автоматизированный контроль технического и геофизического качества сейсмоданных в пакетном и интерактивном («real-time») режимах. Техническое качество обеспечивается контролем геометрии расстановки, уровня и спектра записи на каждом канале с целью выявления неработающих, шумящих и плохо установленных каналов. Геофизическое качество оценивается по взвешенной сумме основных характеристик записи. В набор атрибутов входят: ширина спектра записи, значение доминантной частоты, соотношение сигнал/помеха и др. Система "SeisWin-QC" предоставляет геофизику удобный интерфейс и широкий набор усовершенствованных программно-алгоритмических средств контроля характеристик сейсмической записи, включающих построение статистических гистограмм распределения значений атрибутов, селекцию и сортировки атрибутов, представление их в виде набора карт на различной основе. Использование системы "SeisWin-QC" позволяет более объективно и многосторонне оценивать качество полевых сейсмоданных на уровне исполнителя полевых работ, супервайзера и заказчика.

"SeisWin-QC" - интегрированная система анализа и контроля качества полевых сейсмоданных

Тищенко А.И., ООО «Геофизические системы данных», г.Москва

Программа "SeisWin-QC" позволяет решать следующие задачи:

- расчёт геофизических и технических атрибутов качества сейсмического материала;
- представление результатов расчёта в виде цветных карт атрибутов с возможностью статистического анализа;
- экспорт результатов анализа в профессиональные пакеты картопостроения и табличные редакторы;
- контроль геометрии сейсмических съёмок;
- удобный и быстрый просмотр полевых записей с возможностью применения интерактивных инструментов обработки и измерения геофизических характеристик;
- выполнение технических операций с полевым материалом;
- выполнение контроля регистрируемых записей в режиме реального времени при подключении к сейсмостанции.

Основным форматом сейсмических данных, с которыми работает программа "SeisWin-QC", является SEG-Y с присвоенной геометрией. Однако в полевых условиях, как правило, супервайзеру со станции передаются сейсмограммы в формате SEG-D, каждая из которых записана отдельным файлом. Поэтому первая техническая задача, которая возникает перед супервайзером – объединение набора файлов формата SEG-D в один файл SEG-Y, с которым в дальнейшем и будет работать программа. Сопутствующая техническая задача – присвоение геометрии в файл SEG-Y на основе SPS-файлов. Обе эти технические задачи решаются с помощью дополнительных утилит, входящих в состав пакета "SeisWin-QC". Программа объединения файлов SEG-D имеет полезную опцию чтения спецификации формата сейсмических станций "Sercel 408/428", т.е. позволяет переносить в SEG-Y ряд дополнительных параметров, записываемых станцией на этапе регистрации данных – координаты, номера линий и пунктов приёма/возбуждения и т.п. Программа присвоения геометрии также поддерживает возможности настройки чтения любой спецификации формата

SPS, что позволяет решить задачу присвоения геометрии даже при наличии нестандартных файлов описания геометрии.

После выполнения описанных технических процедур пользователь получает данные, достаточные для полноценной работы в программе "SeisWin-QC". Допустимо также использование данных в формате SEG-Y без геометрии, но в этом случае становится невозможным использование важных функций программы, таких как задание пространственно-временных окон при расчёте атрибутов, визуализация карт атрибутов на координатной схеме и т.п. В связи с этим всегда желательно получение сейсмических данных с геометрией для использования всех функциональных возможностей программы. Тем не менее, отсутствие геометрии не лишает пользователя возможности быстрого просмотра сейсмограмм с использованием интерактивных инструментов для измерения различных геофизических параметров записи, а также не является принципиальным препятствием для расчёта атрибутов качества в пакетном режиме.

Важной особенностью интерфейса программы и безусловным удобством с точки зрения пользователя, является интерактивная связь основных окон программы. Программа содержит 3 основных окна представления данных – таблицу геофизических атрибутов, изображе-

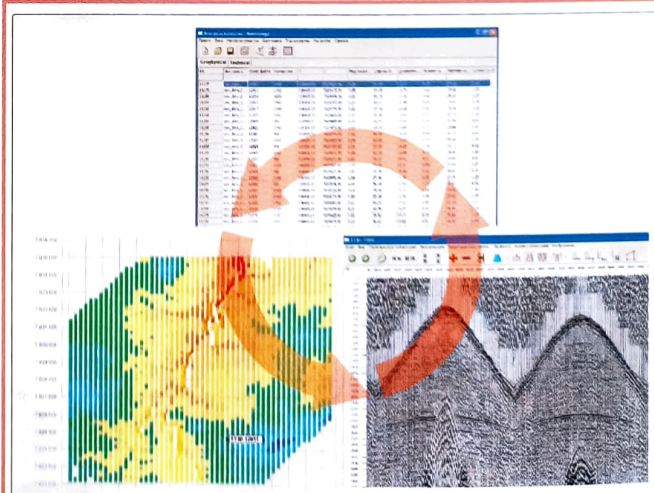


Рис. 1. Взаимосвязь основных окон программы "SeisWin-QC".

ние сейсмограммы и координатную схему с визуализацией геометрии сейсмической съёмки и рассчитанных атрибутов качества (рис. 1).

В программе реализована интерактивная взаимосвязь этих окон через данные, что обеспечивает необходимое удобство использования и быстрый доступ к данным различных категорий, не нарушая при этом простоту интерфейса пользователя. Так, выбирая нужную запись в таблице, пользователь одновременно видит изображение сейсмограммы в другом окне и её расположение на координатной схеме. Аналогично, выбирая ПВ на координатной схеме, пользователь имеет возможность моментально увидеть соответствующую выбранному ПВ сейсмограмму, а также точные значения атрибутов качества, соответствующие выбранной записи. В практической работе такая организация взаимодействия окон обеспечивает существенную экономию времени при работе с программой. Наибольший комфорт при работе с программой обеспечивается подключением к компьютеру 2-х мониторов, что вполне реализуемо в условиях современного полевого центра обработки данных.

Главная задача, которую программа помогает решить пользователю – расчёт и визуализация технических и геофизических атрибутов качества сейсмических записей. И в связи с этим наиболее важным и ответственным этапом работы с программой является выбор и задание пространственно-временных окон для расчёта этих атрибутов, а также - необходимая настройка параметров расчёта отдельных атрибутов. Программа позволяет выполнять анализ записей в окнах нескольких типов (рис.2) в координатах (offset; time):

- простейшее прямоугольное окно;
- окно, повторяющее форму годографа отражённой волны;
- окно в форме произвольного выпуклого четырёхугольника.

Возможно также задание окна, привязанного к номерам каналов для случая, когда приходится работать с данными без геометрии.

Пространственно-временные окна для расчёта атрибутов целевых отражений необходимо выбирать таким образом, чтобы они содержали как можно больше полезных осей синфазности и одновременно в минимальном количестве включали в себя помехи различной природы – поверхностные волны, первые вступления и т.п. Для оценки свойств помех необходимо выбирать окна в области регистрации микросейсм и конуса поверхностной волны. Соблюдение этих простых принципов позволит получить при расчёте максимально достоверные значения характеристик качества сейсмических записей.

Для расчёта спектральных атрибутов важно, чтобы временное окно анализа записи не было слишком коротким. При расчёте спектра по ограниченному фрагменту записи результат может быть весьма приблизительным и искаженным. Эмпирически можно определить минимально необходимую длину временного окна для расчёта спектральных характеристики, равную 300 мсек. Технически задание окон расчёта атрибутов в программе "SeisWin-QC" не является сложным процессом благодаря удобному и продуманному интерфейсу пользователя, позволяющему выполнить эту задачу с помощью одной только мыши.

К геофизическим атрибутам качества, которые можно рассчитать в программе, относятся:

- медианная амплитуда записи, как энергетическая характеристика;
- набор спектральных атрибутов (ширина спектра, доминантная частота, нижняя и верхняя частоты спектра);
- отношение сигнал/помеха;
- отношение среднеквадратичных амплитуд в заданных окнах;
- комплексный коэффициент геофизического качества записи с редактируемой формулой расчёта.

Также, в качестве атрибутов, программа позволяет прочитать и проанализировать такие значения заголовков трасс, как глубина заложения заряда, альтитуда, время Т-вертикальное и др. Перечисленные характеристики имеют важное значение при выполнении комплексного анализа результатов, помогая понять особенности распределения по площади того или иного рассчитываемого атрибута качества. Так, площадная корреляция между областью пониженных значений отношения сигнал/помеха и повышением рельефа местности может свидетельствовать о том, что в процессе выполнения полевых работ был допущен брак, связанный с недостаточной глубиной бурения взрывных скважин (Рис.3).

До недавнего времени в программе отсутствовала возмож-

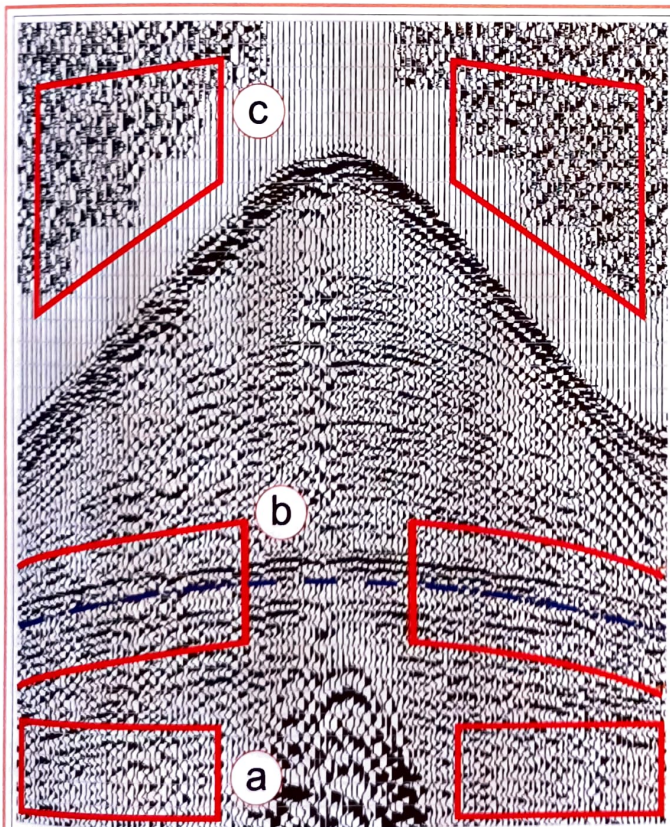


Рис. 2. Типы пространственно-временных окон в программе "SeisWin-QC".

- а) прямоугольное окно;
- б) окно, повторяющее форму годографа отражённой волны;
- в) окно в форме выпуклого четырёхугольника.

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

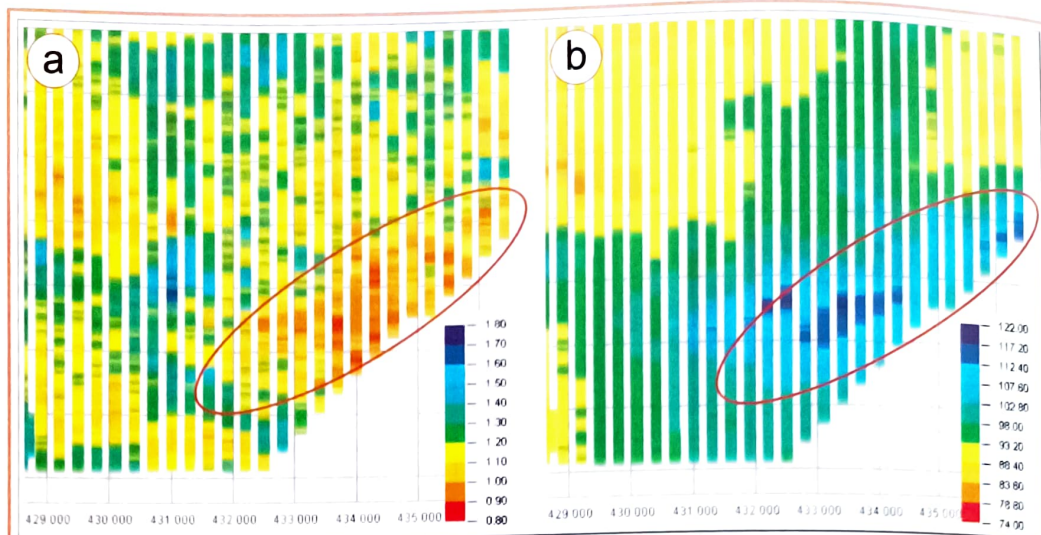


Рис. 3. Сопоставление фрагментов карт атрибутов "сигнал/помеха" и "альтитуда ПВ".
а) карта отношения "сигнал/помеха";
б) карта рельефа местности (м).

ность расчёта такого важного атрибута, как отношение амплитуд в заданных окнах. Связано это было в первую очередь с тем, что многие пользователи ошибочно воспринимали данную характеристику как отношение сигнал/помеха и авторы программы намерено не хотели допускать возможности искаженного трактования значений данного атрибута. Однако, в связи с востребованностью возможности расчёта отношения амплитуд со стороны многочисленных пользователей, данный атрибут был добавлен в перечень рассчитываемых геофизических характеристик. Тем не менее, при интерпретации значений отношения амплитуд следует помнить, что данный атрибут не имеет даже косвенной связи с отношением сигнал/помеха и, вопреки широко распространённому заблуждению, является только энергетической характеристикой записи.

Упомянутый выше атрибут сигнал/помеха рассчитывается в программе на основе корреляционной функции и базируется на математической модели сейсмической трассы как суммы коррелируемого полезного сигнала и некоррелируемого случайного шума. В сети Интернет и в отзывах пользователей программы встречается критика данного подхода при расчёте отношения сигнал/помеха. В качестве главного аргумента выдвигается тот факт, что при такой реализации коррелируемый шум также будет работать на увеличение значения атрибута, что не соответствует желаемому результату.

В программе "SeisWin-QC" предусмотрена возможность настройки параметров расчёта данного атрибута таким образом, чтобы коррелируемые помехи не влияли на истинное значение отношения сигнал/помеха. Детальное описание настройки параметров расчёта геофизических атрибутов выходит за рамки данной публикации, однако более подробное рассмотрение этого вопроса можно найти в статье Тищенко И.В. и др., представленной в настоящем выпуске журнала, а также в «Руководстве пользователя» к программе.

Комплексный коэффициент качества является интегральной характеристикой полевой записи, базирующейся на значениях взаимно независимых геофизических атрибутов и с редактируемыми весовыми коэффициента-

ми. Значения комплексного коэффициента качества могут рассчитываться как в абсолютных значениях, так и с приведением к заданному динамическому диапазону. Первый вариант расчёта может быть полезен для сопоставления качества сейсмического материала по различным площадям и регионам, полученного в разное время. При подборе весовых коэффициентов атрибутов, входящих в формулу расчёта коэффициента качества, может быть использован эффективный автоматический инструмент статистического анализа, что значительно облегчает данную задачу для пользователя.

Востребованность технического контроля полевых записей со стороны Заказчика повлияла на очередной этап развития технологии "SeisWin-QC" и вылилась в появление возможности расчёта группы технических атрибутов. К ним относятся:

- количество нулевых трасс в сейсмограмме;
- количество зашумлённых трасс;
- процент бракованных трасс в сейсмограмме;
- технический коэффициент качества с редактируемой формулой расчёта.

Особенно актуальна возможность расчёта технических атрибутов при работе программы в режиме подключения к сеймостанции во время регистрации данных. Конечно, большинство сеймостанций имеют собственные программные средства технического контроля записей во время регистрации, однако немногие из них обладают столь гибкими возможностями и современными средствами визуализации, которые предоставляет программа "SeisWin-QC".

Одна из востребованных пользователями новинок, реализованных в программе – программный модуль поканального расчёта атрибутов качества по сейсмограмме. Он обеспечивает возможность выполнения детального поканального анализа любой сейсмограммы путём расчёта как геофизических, так и технических атрибутов, позволяет визуализировать их в отдельном окне на координатной схеме и сопоставить положение бракованных каналов с изображением трасс на сейсмограмме (рис. 4). Данный модуль реализован в виде подпрограммы с богатым независимым графическим интерфейсом, поддерживающим интерактив-

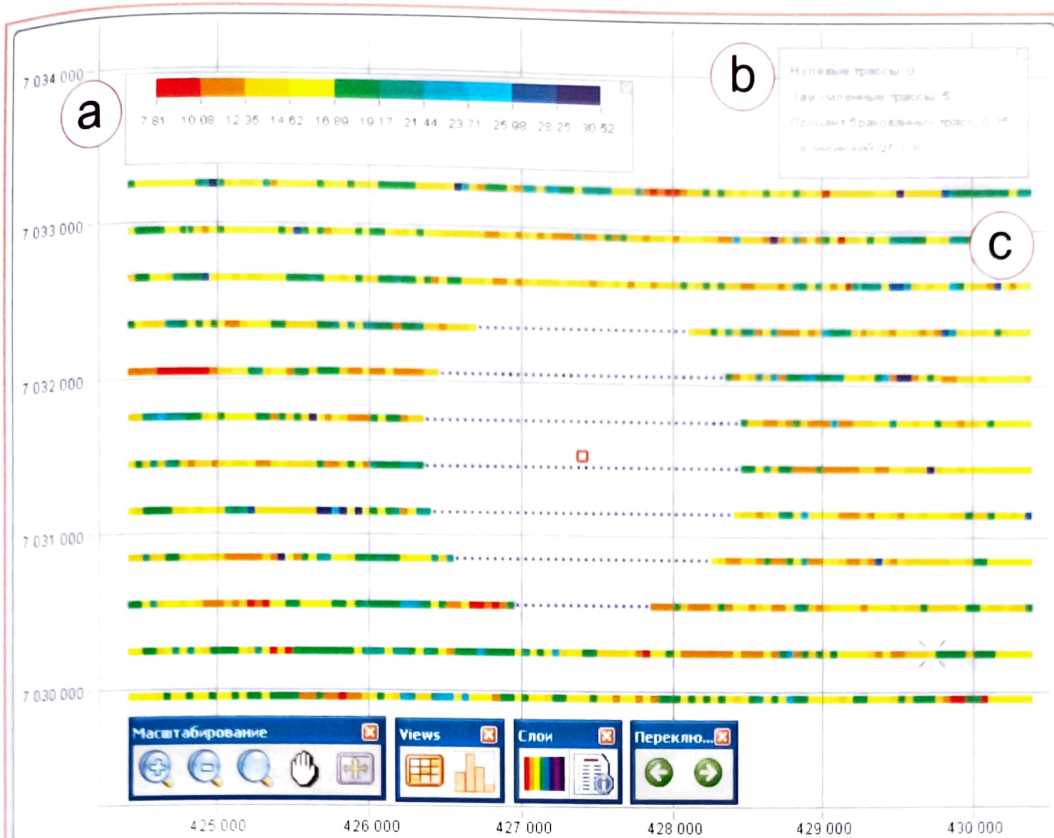


Рис. 4. Поканальный расчёт атрибута «доминантная частота» для активной расстановки.

- а) цветовая шкала значений атрибута;
- б) результат расчёта технических атрибутов;
- в) визуализация атрибута «доминантная частота» на координатной схеме.

ную связь с другими окнами программы. К тому же, все функции данного модуля могут эффективно применяться в режиме совместной работы программы с сейсмостанцией для поиска технического и геофизического брака непосредственно в процессе регистрации сейсмограмм.

Средства представления и визуализации результатов работы программы имеют очень важное значение. От их реализации зачастую зависит общее восприятие выполненной работы. В программе "SeisWin-QC" результатом работы является набор рассчитанных атрибутов качества и они могут быть представлены в различном виде на разных этапах работы с программой. В первую очередь, программа позволяет просмотреть точные значения всех рассчитанных характеристик в табличном виде в главном окне программы, а также сохранить их в текстовый файл для импорта в другие программы. Во-вторых, при работе с материалом в режиме просмотра сейсмограмм можно вывести значения атрибутов в том же окне поверх изображения сейсмограммы. Данная возможность повышает эффективность работы с программой. И, наконец, третий и самый интересный способ визуализации атрибутов — изображение значений в виде карты на координатной схеме методом цветокодирования. Данный способ представления результатов, конечно, является наиболее полезным при интерпретации результатов расчёта, поскольку отображает единую и целостную картину распределения любой характеристики на площади выполненной съёмки. Благодаря этому средству можно быстро и с лёгкостью выделить области ухудшения качества материала и

попытаться выявить причины появления таких областей путём сопоставления карт различных взаимонезависимых атрибутов. Интерактивный инструмент статистического анализа атрибутов позволяет быстро локализовать на карте значения, принадлежащие заданному диапазону, что также может быть полезно при интерпретации карт различного содержания. На рис.5 проиллюстрирована возможность визуализации атрибута «отношение амплитуд» с выделением узкого диапазона малых значений по гистограмме. Области красных значений на карте соответствуют участкам пониженной энергии возбуждаемого сигнала на площади работ. Все перечисленные возможности и средства представления результатов программы служат одной задаче — иметь возможность оперативного контроля качества материала в полевых условиях и предотвратить регистрацию некондиционных записей в количестве, превышающем допустимый предел.

При работе с данными значительного объёма не обойтись без удобных средств сортировки, группирования и отбора этих данных по любым критериям. Не обойдён этот вопрос и в программе "SeisWin-QC". Технический прогресс не стоит на месте. Благодаря постоянному усовершенствованию технологии проведения полевых работ, неуклонно растёт и объём ежедневно регистрируемого геофизического материала. Объём данных, зарегистрированных в рамках одного типичного 3D проекта, уже может составлять несколько сот тысяч сейсмограмм. И программное обеспечение должно соответствовать растущим требованиям геофизики. Уже сейчас программа "SeisWin-QC" позволяет быстро и легко манипулировать

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

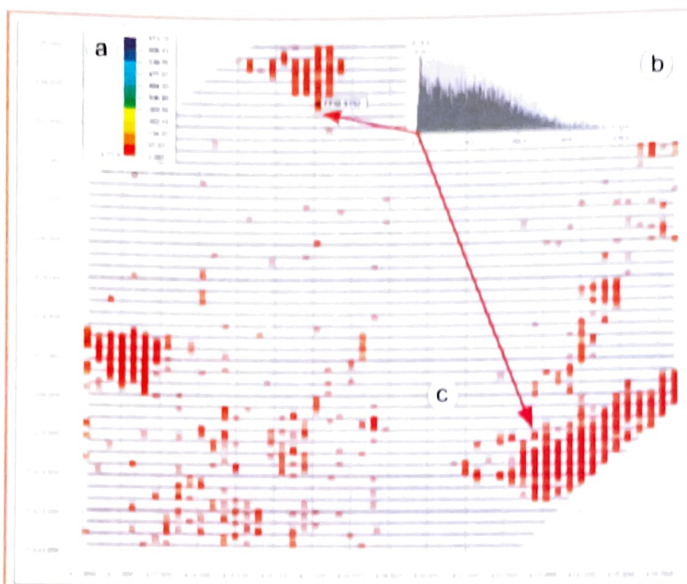


Рис. 5. Карта атрибута "отношение амплитуд" с выделением диапазона значений по гистограмме.

- цветовая шкала значений атрибута;
- гистограмма распределения значений атрибута с выделенной областью малых значений;
- локализованные области значений атрибута на координатной схеме.

данными всего проекта 3D на обычном ноутбуке, а расчёт всех атрибутов качества по суточному объёму сейсмограмм выполняется не более чем за один час. Такая производительность системы позволяет геофизику-супервайзеру «держать руку на пульсе» процесса изменения качества получаемого материала и в случае появления брака в неприемлимом объёме настоять на повторной обработке материала.

Программа позволяет выполнить сортировку сейсмограмм по значению любого атрибута, отметить некондиционные записи с целью исключения их из работы и расчётов. Путём задания предельно допустимых значений для любого из атрибутов в программе можно сформировать критерии геофизического брака и группировать сейсмограммы по этому признаку. Фактически, программа «SeisWin-QC» содержит в себе все необходимые функции табличного редактора, что исключает необходимость работы с результатами расчётов в других программах, таких как MS Excel и т.п.

Ещё одно важное и перспективное направление в развитии функциональности программы «SeisWin-QC», которое уже было упомянуто выше, это режим работы программы совместно с сейсмостанцией непосредственно во время регистрации данных в поле. Как и многие другие функции программы, данная возможность появилась благодаря активным пользователям программы. С их стороны неоднократно выражалось мнение, что возможности расчёта геофизических и технических атрибутов по завершению рабочей смены не достаточно для оперативного анализа качества материала. Могут возникать объективные причины, по которым повторная регистрация на некоторых ПВ невозможна или экономически не оправдана и в этом случае качество полевых записей необходимо контролировать практически одновременно с регистрацией непосредственно в сейсмостанции, а не на полевом вычислительном центре. И если про-

блема технического контроля в такой ситуации в большинстве случаев решается благодаря интегрированному в сейсмостанцию ПО, то проблема геофизического контроля остаётся актуальной.

Для работы программы в режиме с подключением к сейсмостанции не требуется дополнительного оборудования. Единственное техническое требование к сейсмостанции, необходимое для работы программы в этом режиме — возможность файлового доступа к регистрируемым записям по локальной сети по протоколу TCP/IP или FTP. В большинстве современных сейсмостанций такая техническая возможность реализована. Описываемая функция программы прошла успешные полевые испытания на сейсмостанциях различных типов (Sercel 408 и др.) и полностью оправдывает себя как оперативное средство контроля качества сейсмограмм во время регистрации. Специально для этого режима программы разработано расширение интерфейса пользователя, позволяющее быстро и в автоматическом режиме определить, является ли зарегистрированная запись удовлетворительной или она не соответствует предъявляемым геофизическим требованиям. При этом внимание оператора станции или геофизика-супервайзера не отвлекается на анализ значений атрибутов без явной необходимости, обеспечивая, таким образом, сохранение производительности при выполнении полевых работ.

Программа «SeisWin-QC» изначально была спроектирована как универсальный программный инструмент супервайзера-геофизика без попытки повторить идеологию и пользовательский интерфейс какой-либо существующей системы аналогичного назначения. Она не является наследником или результатом развития какой-либо ранее существовавшей системы. Благодаря этому программа отвечает современному уровню требований к программному обеспечению, что является её весомым преимуществом в сравнении с конкурирующими системами. На всех стадиях развития пакета разработчики старались придерживаться нескольких важных принципов:

- решение полного цикла технических и геофизических задач, возникающих перед специалистом-геофизиком в процессе выполнения контроля качества сейсмических данных в полевых условиях;
- обеспечение быстрого доступа к большому объёму полевых данных и их визуализации;
- простой, удобный и интуитивно понятный интерфейс пользователя программы;
- отсутствие повышенных технических требований к компьютеру, на котором работает ПО.

За свою трёхлетнюю историю пакет «SeisWin-QC» претерпевал значительные модификации, но благодаря соблюдению изначальных принципов развития сумел приобрести широкий круг пользователей и продолжает своё развитие, стараясь соответствовать современным стандартам геофизического ПО.