



“SEISWIN-QC” – ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОЛЕВЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

А.И. Тищенко

ООО “Геофизические системы данных”,
117198, Москва, Ленинский просп., 113/1, Парк Плейс, офис E-321, Россия, e-mail: t_alexander@gds.ru

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 для 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, отношение 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.

Сейсморазведка 2D, 3D, контроль качества (QC), супервайзер, программное обеспечение, интерактивная технология, статистический анализ, SeisWin-QC

“SEISWIN-QC” INTEGRATED SYSTEM OF FIELD SEISMIC DATA ANALYSIS AND QUALITY CONTROL

A.I. Tishchenko

“Geophysical Data Systems” Ltd.,
Office E-321, Leninsky prosp., 113/1, Park Place, Moscow, 117198, Russia, e-mail: t_alexander@gds.ru

“SeisWin-QC” is multifunctional system of analysis and seismic data quality control, which is developed in “Geophysical Data Systems” Ltd. company and works in “Windows” OS, including “Vista” and “Windows 7”. The software provides automated control of technical and geophysical quality of seismic data in the flow and in interactive (“real-time”) mode. Technical quality is provided with control of layout geometry, amplitude and spectrum for each channel for the purpose to find out the broken, noisy and bad placed channels. Geophysical quality is estimated on the weighed sum of basic attributes of seismic record. The set of attributes includes: spectrum width, dominant frequency, signal/noise, etc. The system “SeisWin-QC” offers convenient user interface and wide set of advanced program-algorithmic features for seismic record attributes control, including statistical histogram, selection and sorting of attributes, representation in form of maps. “SeisWin-QC” use allows to make the estimation of seismic data quality more objective and complex at level of field works contractor, supervisor and customer.

2D, 3D seismic, quality control (QC), supervision, software, interactive technology, statistical analysis, SeisWin-QC

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ

Программа “SeisWin-QC” позволяет решать следующие задачи:

- расчет геофизических и технических атрибутов качества сейсмического материала;
- представление результатов расчета в виде цветных карт атрибутов с возможностью статистического анализа;
- экспорт результатов анализа в профессиональные пакеты картопостроения и табличные редакторы;

- контроль геометрии сейсмических съемок;
- 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.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОДПРОГРАММЫ

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, – объединить набор 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 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 приема/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”. Работа с данными в формате SEG-Y без геометрии также допустима, но в этом случае становится невозможным использование важных функций программы, таких как задание пространственно-временных окон при расчете атрибутов, визуализация карт атрибутов на координатной схеме и т. п. В связи с этим всегда желательно получить сейсмические данные с геометрией для применения 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 расчета атрибутов качества в пакетном режиме.

ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Важной особенностью интерфейса программы и безусловным удобством с точки зрения пользователя является интерактивная связь основных окон программы. Программа содержит три основных окна представления данных – таблицу геофизических атрибутов, изображение сейсмограммы и координатную схему с визуализацией геометрии сейсмической съемки и рассчитанных атрибутов качества (рис. 1).

В программе реализована интерактивная взаимосвязь этих окон через данные, что обеспечивает необ-

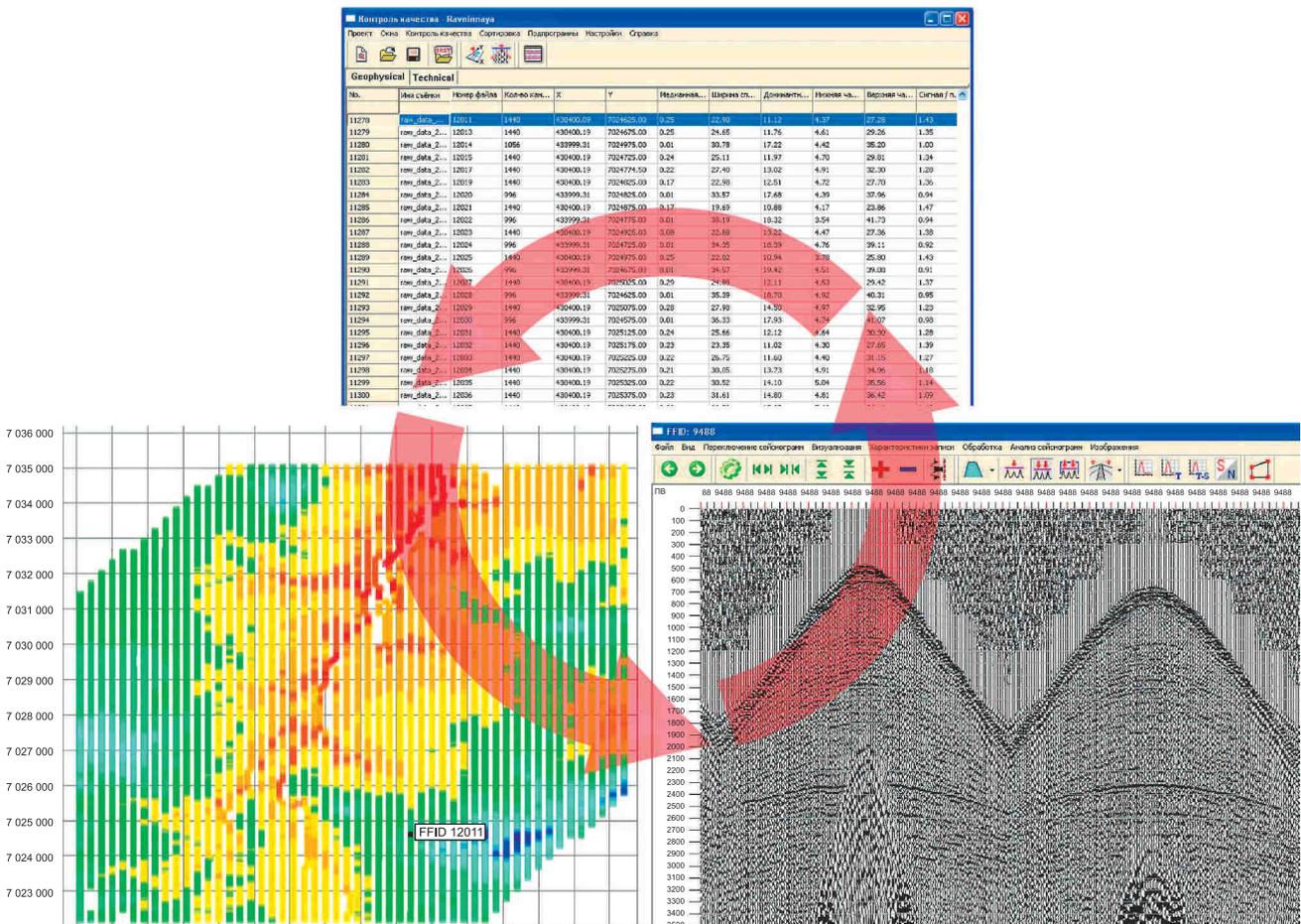


Рис. 1. Взаимосвязь основных окон программы “SeisWin-QC”.

ходимое 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 ее 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. На практике такая организация взаимодействия окон обеспечивает существенную экономию времени при работе с программой, наибольший комфорт с которой достигается при подключении к компьютеру двух мониторов, что вполне реализуемо в условиях современного полевого центра обработки данных.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОКНА

Главная задача, которую программа помогает решить пользователю, – расчет 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 расчета этих атрибутов, а также – необходимая настройка параметров расчета отдельных атрибутов. Программа позволяет выполнять анализ записей в окнах нескольких типов (рис. 2) в координатах (offset; time):

- простейшее прямоугольное окно;
- окно, повторяющее форму годографа отраженной волны;

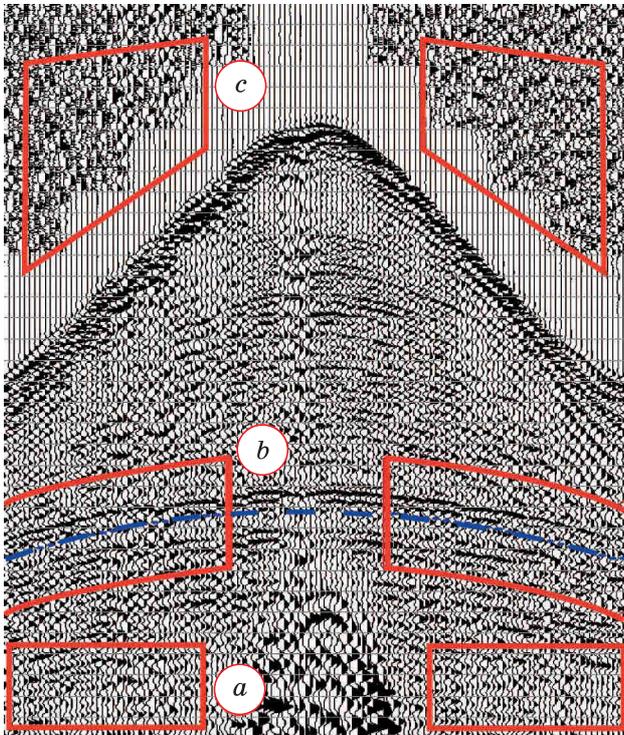


Рис. 2. Типы пространственно-временных окон в программе “SeisWin-QC”:

a – прямоугольное окно; *b* – окно, повторяющее форму годографа отраженной волны; *c* – окно в форме выпуклого четырехугольника.

– окно в форме произвольного выпуклого четырехугольника.

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

Пространственно-временные окна для расчета атрибутов целевых отражений необходимо выбирать таким образом, чтобы они содержали как можно больше осей синфазности полезных волн 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 конусы поверхностной волны. Соблюдение этих простых принципов позволит получить при расчете максимально достоверные значения характеристик качества сейсмических записей.

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

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ АТРИБУТЫ И ПАРАМЕТРЫ РАСЧЕТА. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ ИЗ НИХ

К геофизическим атрибутам качества (рис. 3), 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 расчета.

Также в качестве атрибутов программа позволяет прочитать и проанализировать такие значения заголовков трасс, как глубина заложения заряда, альтитуда, время *T*-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, площадьная 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. 4).

До недавнего времени в программе отсутствовала возможность расчета такого важного атрибута, как отношение амплитуд в заданных окнах. Связано это было в первую очередь с тем, что многие пользователи ошибочно воспринимали эту характеристику как отношение сигнал/помеха, и авторы программы наме-

ленно не хотели допускать возможности искаженного трактования значений данного атрибута. Однако в связи с востребованностью возможности расчета отношения амплитуд со стороны многочисленных пользователей, этот атрибут был добавлен в перечень рассчитываемых геофизических характеристик. Тем не менее при интерпретации значений отношения амплитуд следует помнить, что вопреки широко распространенному заблуждению данный атрибут не имеет даже косвенной связи с отношением сигнал/помеха и 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 расчете 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 расчета данного атрибута таким образом, чтобы коррелируемые помехи не влияли на истинное значение отношения сигнал/

помеха. Детальное описание настройки параметров расчета геофизических атрибутов выходит за рамки нашей публикации, однако более подробно этот вопрос рассмотрен в статье И.В. Тищенко, А.И. Тищенко, А.А. Жукова "Алгоритмы и критерии...", 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 коэффициентами. Значения комплексного коэффициента качества могут рассчитываться как в абсолютных значениях, так и с приведением к заданному динамическому диапазону. Первый вариант расчета 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 расчета коэффициента качества, может быть использован эффективный автоматический инструмент статистического анализа, что значительно облегчает данную задачу для пользователя.

ТЕХНИЧЕСКИЕ АТРИБУТЫ

Востребованность технического контроля полевых записей со стороны Заказчика повлияла на оче-

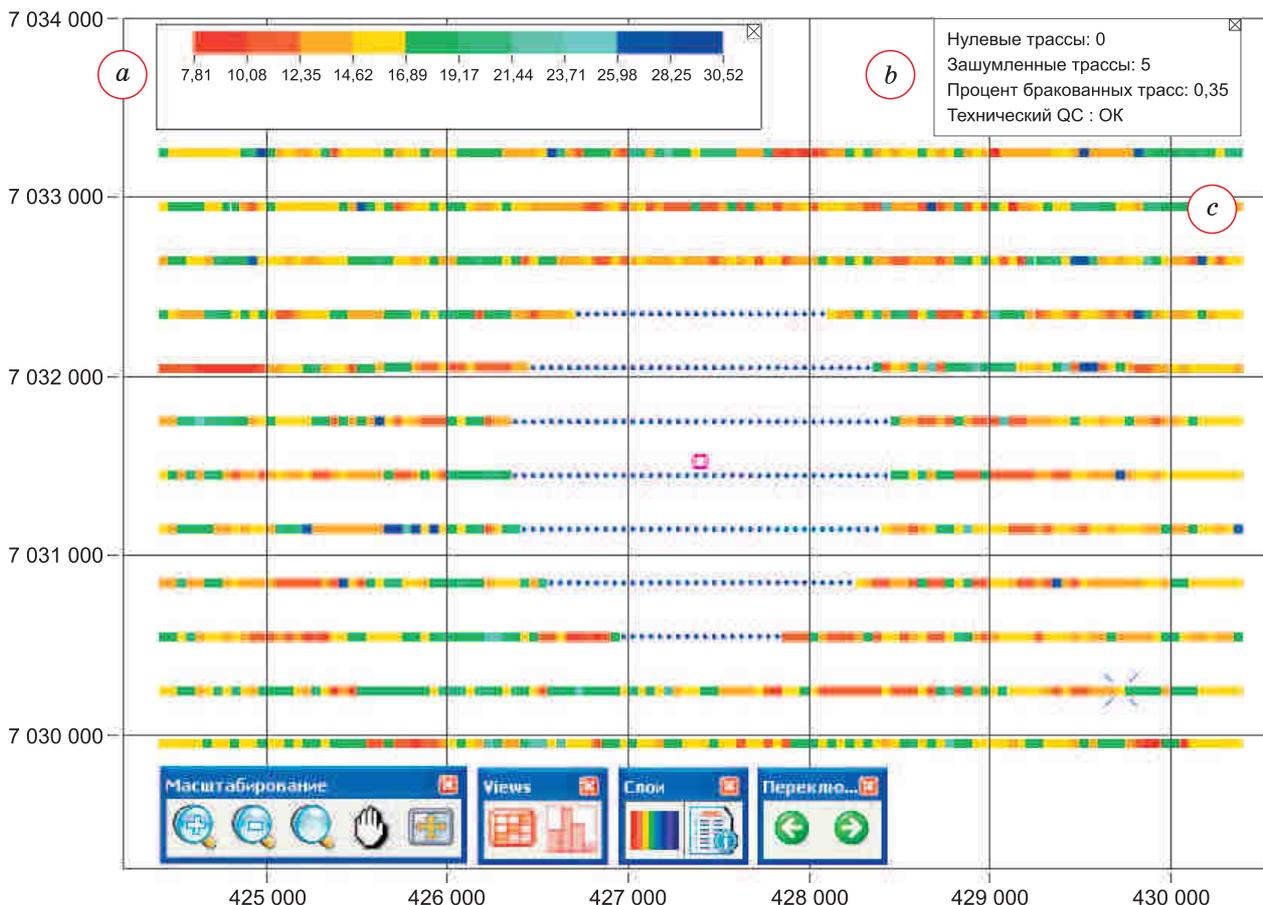


Рис. 5. Поканальный расчет атрибута "доминантная частота" для активной расстановки:

a – цветовая шкала значений атрибута; *b* – результат расчета технических атрибутов; *c* – визуализация атрибута "доминантная частота" на координатной схеме.

редной этап развития технологии “SeisWin-QC” и вылилась в появление возможности расчета группы технических атрибутов. К ним относятся:

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

Особенно актуальна возможность расчета технических атрибутов при работе программы в режиме подключения к сейсмостанции во время регистрации данных. Конечно, большинство сейсмостанций 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”.

ПОКАНАЛЬНЫЙ РАСЧЕТ АТРИБУТОВ

Одна из востребованных пользователями новинок, реализованных в программе, – программный модуль поканального расчета атрибутов качества по сейсмограмме. Он обеспечивает возможность выполнения детального поканального анализа любой сейсмограммы путем расчета 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. 5). Данный модуль реализован в виде подпрограммы с богатым независимым графическим интерфейсом, поддерживающим интерактивную связь с другими окнами программы. 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 РЕЗУЛЬТАТОВ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ АТРИБУТОВ

Средства представления и визуализации результатов работы программы имеют очень важное значение, от их реализации зачастую зависит общее восприятие выполненных исследований. В программе “SeisWin-QC” результатом 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 ее окне, а также сохранить их в текстовый файл для импорта в другие программы. Во-вторых, при исследовании материала 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 расчета, поскольку отображает единую и целостную картину распределения любой характеристики на площади выполненной съемки. Благодаря этому средству можно быстро и легко выделить области ухудше-

ния качества материала и попытаться выявить причины появления таких областей путем сопоставления карт различных взаимно независимых 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. Так, на рис. 6 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 за качеством материала в полевых условиях и предотвратить регистрацию некондиционных записей в количестве, превышающем допустимый предел.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОГРАММЫ. СРЕДСТВА ОТБОРА И ГРУППИРОВАНИЯ ЗАПИСЕЙ ПО ЗНАЧЕНИЯМ АТРИБУТОВ

При работе с данными значительного объема не обойтись без удобных средств сортировки, группирования и отбора этих данных по любым критериям. Не обойден этот вопрос и в программе “SeisWin-QC”. Технический прогресс не стоит на месте; благодаря постоянному усовершенствованию технологии проведения полевых работ неуклонно растет и объем ежедневно регистрируемого геофизического материала. Объем данных, зарегистрированных в рамках одного типичного 3D проекта, уже может составлять несколько сотен тысяч сейсмограмм. И программное обеспечение должно соответствовать растущим требованиям геофизики. Уже сейчас программа “SeisWin-QC” позволяет быстро и с легкостью манипулировать данными всего проекта 3D на обычном ноутбуке, а расчет всех атрибутов качества по суточному объему сейсмограмм выполняется не более чем за 1 ч. Такая производительность системы позволяет геофизику-супервайзеру “держат руку на пульсе” процесса изменения качества получаемого материала и в случае появления брака в неприемлемом объеме настоять на повторной обработке материала.

Программа позволяет выполнить сортировку сейсмограмм по значению любого атрибута, отметить некондиционные записи с целью исключения их из работы и расчетов. Путем 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 расчетов в других программах, таких как MS Excel и т. п.

РЕЖИМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ПРОГРАММЫ К СЕЙСМОСТАНЦИИ ВО ВРЕМЯ РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ

Еще одно важное и перспективное направление в развитии функциональности программы “SeisWin-QC”, о котором уже упоминалось выше, – это режим работы программы совместно с сейсмостанцией не-

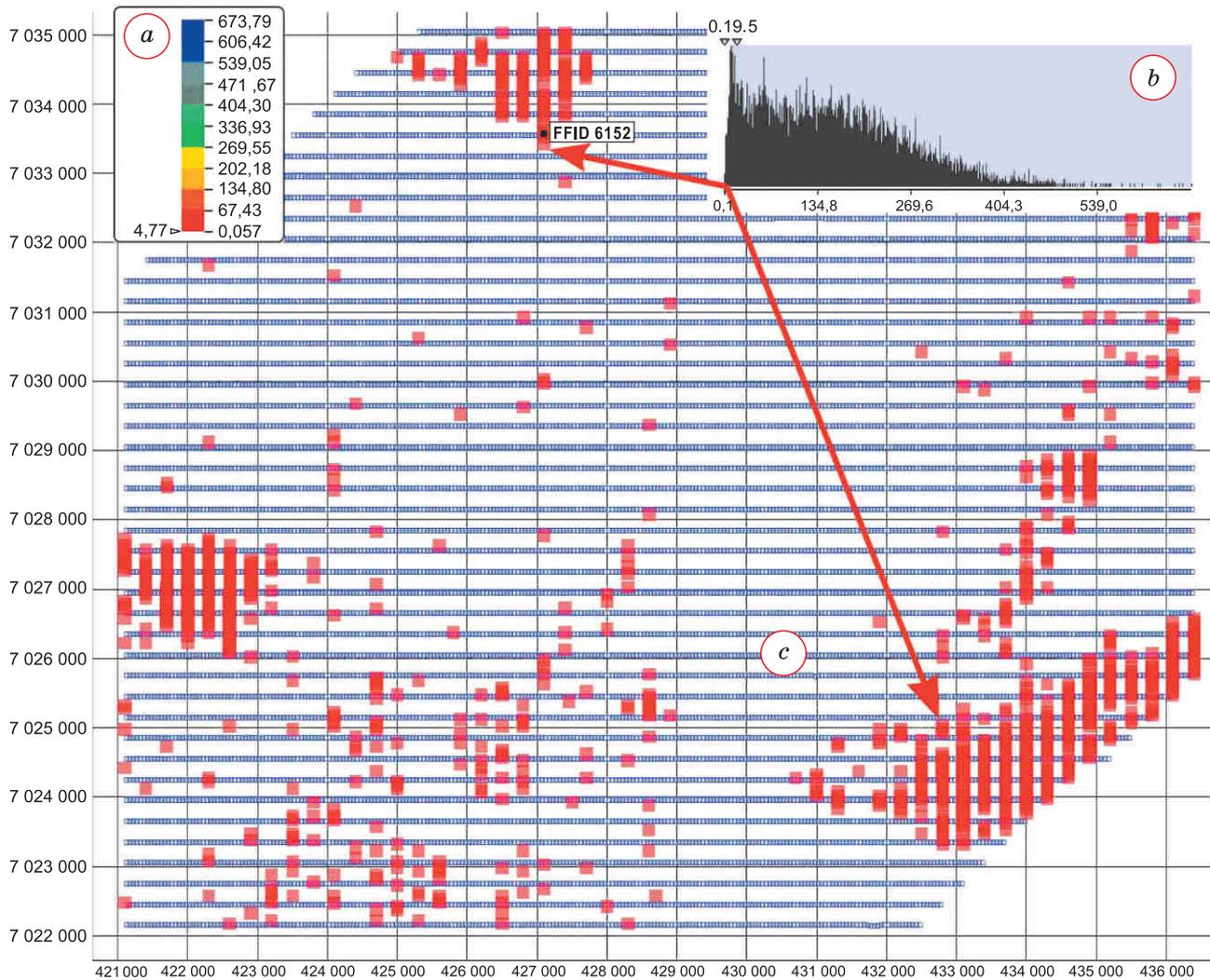


Рис. 6. Карта атрибута “отношение амплитуд” с выделением диапазона значений по гистограмме:

a – цветовая шкала значений атрибута; *b* – гистограмма распределения значений атрибута с выделенной областью малых значений; *c* – локализованные области значений атрибута на координатной схеме.

посредственно во время регистрации данных в поле. Как и многие другие функции программы, такая возможность появилась благодаря активным пользователям программы. С их стороны неоднократно выражалось мнение, что возможности расчета геофизических и технических атрибутов по завершению рабочей смены недостаточно 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 проблема технического контроля в такой ситуации в большинстве случаев решается благодаря интегрированному в сейсмостанцию ПО, то проблема геофизического контроля остается 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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 – это весомое преимущество по сравнению 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 объему 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 трехлетнюю историю пакет “SeisWin-QC” претерпевал значительные модификации, но благодаря соблюдению изначальных принципов развития сумел приобрести широкий круг пользователей и продолжает совершенствоваться, стараясь соответствовать современным стандартам геофизического ПО.