

Некоторые современные возможности и особенности полевого контроля качества сейсмического материала

■ Демидов Н.И., Иоспа В.М., компания Геофизинжиниринг

Введение

Контроль качества сейсмического материала в практике полевых сейсморазведочных работ применяется в нашей стране уже достаточно давно. Одним из пионеров этого движения является компания «Геосейсконтроль», генеральный директор которой Закариев Ю. М. совместно с Рябошапко С. М. подробно изложили историю вопроса в своей статье «Служить супервайзером – суть профессии».[1] Много внимания контролю качества полевых работ со стороны заказчика уделил и В. И. Логовской, работая в разных нефтегазовых компаниях. [2, 3]. Вместе с тем, эта тема продолжает интересовать геофизическую общественность, поскольку, с развитием научно-технического прогресса, идет постоянное совершенствование полевых методик сбора данных, постоянно развиваются технические средства возбуждения и регистрации, программы обработки и интерпретации, все больше расширяются возможности сейсмического метода исследования недр.

Как следствие этого процесса изменяются и представления о месте, способах и параметрах контроля качества полевого сейсмического материала при производстве сейсморазведочных работ. Диапазон мнений о способах контроля сейсмического материала является достаточно широким – от преобладания визуального контроля, даже в случае 3000-4000 канальных сейсмограмм, до полного отказа от контроля при высокоплотных, сверхмногоканальных наблюдениях. Очевидно, что многое действительно зависит от технических возможностей сейсмической партии, плотности наблюдений, поставленных задач.

Подавляющее большинство специалистов, публикующих работы о контроле качества сейсмического материала, указывают на субъективность визуального контроля качества и затруднительность его использования при современном количестве активных каналов в приемной расстановке. Предлагаются статистические методы оценки качества и методы, основанные на анализе атрибутов качества сейсмической записи. При высокоплотных работах с применением конвейерной технологии, одиночных датчиков и сверхмногоканальных приемных расстановок, основной упор делается не на контроль сейсмического материала, а на жесткий контроль технологии работ и соблюдении допусков в работе вибраторов и регистрирующей аппаратуры. Подобные сверхплотные наблюдения с высокой кратностью позволяют применять при последующей обработке цифровое группирование с учетом статических поправок для каждого одиночного датчика, а также различные алгоритмы адаптивной фильтрации, что приводит к существенно большей разрешенности сейсмических изображений за счет расширения спектра целевых отражений и высокого уровня подавления регулярных помех и случайного шума.

В современных российских условиях, когда количество активных каналов в расстановке редко превышает 3000, а поверхностные условия, как правило, не дают возможность применять мелкий шаг ПП/ПВ, результирующая кратность обычно не превосходит 150. Стандартный шаг между ПП в 25-50м, обусловленный, в основном, экономическими причинами и поверхностными условия-

ми, не позволяет эффективно применять последующее цифровое группирование и адаптивную фильтрацию. Кроме того, ослабление нерегулярного случайного шума, в целом, будет происходить все в том же соотношении $\sqrt{N}$, где N – кратность наблюдений при синфазном суммировании или, например, апертура преобразования при миграции.

Анализ атрибутов – основа контроля качества полевого материала

Все эти аспекты определяют сегодня преимущественное использование контроля качества сейсмического материала на основе анализа сейсмических атрибутов. Использованию сейсмических атрибутов посвящены многие работы [4, 5, 6], в которых рассматривались и анализировались условия применения и правомерность использования отдельных сейсмических атрибутов, предлагались разные алгоритмы оценки качества на основе атрибутов сейсмической записи.

Так, преобладающий в практике некоторых нефтяных компаний упор на оценку качества сейсмограмм по уровню случайного шума представляется неправомерным или, по крайней мере, недостаточным. А.В. Череповский в своей статье о «Полевом контроле качества на новом технологическом уровне наземной сейсморазведки» убедительно показывает, что принятый в практике сейсморазведочных работ критерий отбраковки по уровню случайного шума (уровню микросейсм) недостаточен и должен быть увязан с уровнем амплитуд целевых отражений. Фактически заказчика и подрядчика интересует соотношение С/П на конкретной площади работ с конкретным полевым оборудованием, используемым данным подрядчиком. В частности, как отмечается в статье, соот-

ношение С/П сильно зависит от типа сейсмоприемников и их соединения. «При использовании сейсмоприемников с разной чувствительностью, разными АЧХ, разных групп и электрических соединений, необходим тщательный анализ получаемого отношения сигнал/помеха и выбор адекватных пороговых значений». Очевидно при этом, что анализ амплитуд целевых отражений (или уровень сигнала) должен выполняться вне конуса поверхностных волн, в интервале удалений максимально свободном от регулярных волн-помех. Очевидно также, что должен учитываться и характер задач, поставленных перед конкретными сейсморазведочными работами.

Наряду с традиционными работами по контролю качества сейсмического материала, выполняющимися на базе полевой партии, в настоящее время все больший интерес вызывают возможности контроля качества сейсмограмм в процессе их регистрации на с/станциях, т. е. в режиме реального времени. Такой контроль, по существу, представляет мониторинг базовых параметров качества, указанных в ТЗ заказчика, либо принятых у исполнителя для «внутреннего» контроля. Он позволяет оперативно вносить изменения в параметры возбуждения, принимать решение о перестреле ФН, либо о приостановке/возобновлении работ в связи с изменяющимися, например, погодными, условиями. Использование мониторинга базовых параметров качества позволяет производственным организациям, во-первых, повышать производительность и, во-вторых, добиваться повышения качества сейсмического материала без увеличения времени выполнения работ.

В последнее время ведущими Российскими геофизическими компаниями все более активно используется новая техно-

логия сбора сейсмической информации на основе применения современного оборудования для бескабельной телеметрии с модулями-накопителями данных. Помимо других преимуществ бескабельной регистрации, следует отметить возможность получать высокоплотные, высокоразрешенные, полноазимутальные сейсмические данные. Вместе с тем, отсутствие возможности мониторинга качества сейсмических данных в реальном времени, определяет некоторые особенности этой технологии. Несмотря на ограниченный пока опыт работ с использованием технологии бескабельной телеметрии и модулей – накопителей, можно с большой долей уверенности говорить о том, что полевой контроль качества и для нее остается актуальным.

В настоящей статье рассмотрены отдельные примеры полевого контроля качества при:

- мониторинге качества сейсмического материала в режиме реального времени при работах с вибраторами;

- полевых работах с использованием бескабельной телеметрии для оценки качества сейсмических данных после завершения определенного этапа полевых работ.

В обоих случаях контроль качества полевых данных выполнялся с использованием программного комплекса SPW-3-Field компании Parallel Geoscience.

Критерии атрибутного контроля качества и его организация в системе SPW-3-Field

Как уже отмечалось выше, содержание атрибутного контроля качества полевых данных с течением времени меняется, однако, как показывает практика полевых работ, выработался и некий стандарт оценки качества сейсмограмм, который включает расчет следующих

атрибутов сейсмической записи:

- количество зашумленных трасс/ /процент зашумленных трасс;
- среднеквадратический уровень микросейсм;
- среднеквадратический уровень амплитуд в интервале целевых горизонтов;
- отношение сигнал/помеха в различных вариациях:
 - сигнал/микросейсм;
 - сигнал/поверхностные волны;
- доминирующая частота;
- ширина спектра.

В зависимости от задач и/или типа применяемой технологии съемки, сейсмогеологии района - один из перечисленных атрибутов принимается за базовый, а остальные носят вспомогательный характер или вовсе не используются в процессе полевого контроля качества.

Программный комплекс SPW-3-Field может быть установлен на любой компьютер с ОС Windows. Он эффективно использует возможности распараллеливания вычислений современных многоядерных систем, что позволяет получать результаты расчетов атрибутов качества в режиме реального времени, не сдерживая скорость работы сейсмической партии.

В одном задании на обработку могут быть включены все процедуры расчета атрибутов сейсмической записи, принятые для конкретного проекта. При этом, обеспечивается возможность контроля как по каждому атрибуту отдельно, так и по нескольким атрибутам одновременно. Например, некондиционной может быть признана сейсмограмма при условии, что количество отбракованных по разным атрибутам трасс превосходит заданные пороговые значения.

Каждая процедура записывает рассчитанное значение атрибута в назначенное слово заголовка трассы, создает

текстовый файл значений атрибутов, а также имеет возможность построения карты атрибута, в том числе, в режиме реального времени.

Контроль качества сейсмических данных в режиме реального времени

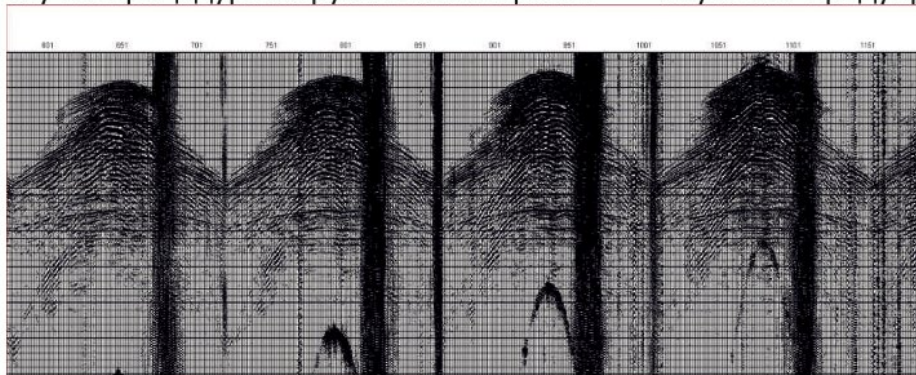
Описанная выше организация атрибутного контроля качества данных в системе SPW-3-Field позволяет использовать ее возможности не только для анализа качества полученного сейсмического материала на базе партии, но и применять для мониторинга ключевых атрибутов непосредственно на сейсмостанции, в процессе отстрела, в режиме реального времени, для того, чтобы отслеживать их изменения и принимать необходимые решения в случаях, когда значения атрибутов выходят за заданные рамки.

Для решения задач онлайн мониторинга компьютер с системой SPW-3-Field подключается напрямую к NAS-диску сейсмостанции по сети Ethernet. В этом случае процедура загрузки сейсмограмм

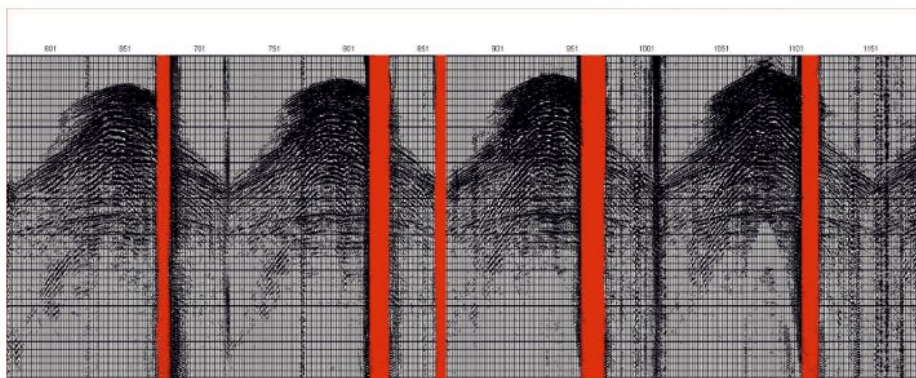
сразу по завершении регистрации очередной записи моментально передает сейсмограмму на обработку. Обработанная сейсмограмма выводится на экран для визуального контроля, а если пороговые значения атрибутов превышены, то текстовая информация об этом появляется во всплывающем окне. Так же, в случае превышения пороговых значений атрибутов, включается звуковой сигнал, чтобы обратить внимание оператора на появление проблемы.

Ниже приведен пример онлайн мониторинга для выделения шума типа «Треск льда», распространенного в регионах Крайнего Севера (см. Рисунок 1а). Помехи этого типа выделяются по критерию спектрального подобия между зашумленными трассами и осредненным спектром сейсмограммы.

В случае появления на сейсмической записи шума «Треск льда», на экране монитора оператор увидит изображение сейсмограммы с выделенными помехами (см. Рисунок 1б), а также услышит звуковое предупреждение, «Внимание!

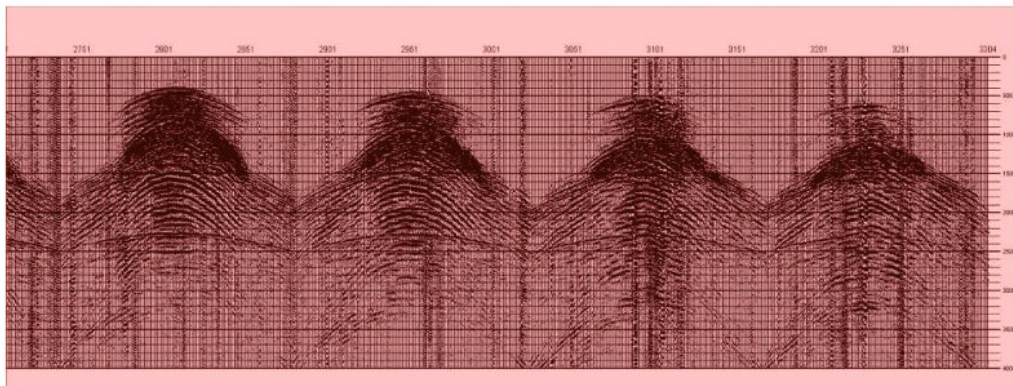


◀ Рис. 1а. Фрагмент исходной сейсмограммы.



◀ Рис. 1б. Фрагмент сейсмограммы с выделением помехи типа «Треск льда».

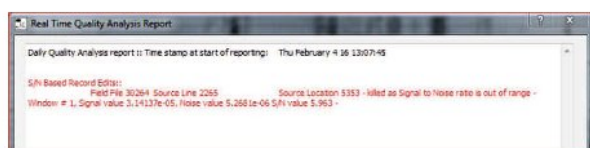
► Рис. 2. Фрагмент сейсмограммы, имеющей значение C/P ниже заданного порогового уровня.



Треск льда!», которое записано в виде MP3 файла и автоматически транслируется каждый раз при появлении на сейсмозаписи этой помехи.

При мониторинге атрибута «отношение сигнал/помеха», рассчитанное значение сравнивается с заданным пороговым уровнем, и, если отношение сигнал/помеха оказывается ниже порогового уровня, то сейсмограмма на экране монитора окрашивается в розовый цвет (см. Рис. 2), во всплывающем окне появляется текстовая информация о номере проблемного рекорда и рассчитанных для него значениях атрибута (см. Рис.3), и, наконец, включается стандартное звуковое предупреждение.

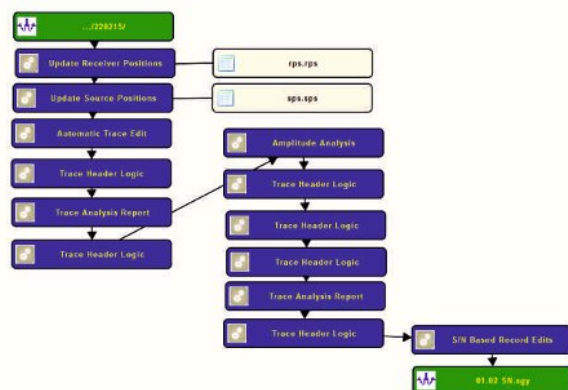
Как отмечалось ранее, контроль



▲ Рис. 3. Всплывающее окно с информацией о сейсмограмме, имеющей значение C/P ниже заданного порогового уровня.

качества сейсмического материала в системе SPW-3-Field может проводиться по нескольким атрибутам одновременно. Логика отбраковок может быть построена достаточно разнообразно. В частности, на рис. 4 приводится пример реализации контроля качества по трем атрибутам:

- отбраковка сейсмограмм по процен-



▲ Рис. 4. Задание на контроль качества по 3-м параметрам

ту трасс осложненных помехой «треск льда»;

- отбраковка сейсмограмм по проценту трасс с повышенным уровнем микросейсм;

- контроль соотношения сигнал/помеха.

Каждая из включенных в задание процедур выдает на экран соответствующие сообщения о превышении заданных порогов, а также звуковые сигналы.

При оценке качества сейсмического материала заказчики и подрядчики нередко сталкиваются с необходимостью учета объективных факторов, понижающих качество сейсмических данных. Особенно часто эта проблема возникает при проведении съемок в промышленных районах с развитой инфраструктурой (населенные пункты, дороги, насосные станции и т.п.), а также при сильном изменении условий возбуждения в

пределах одной площади работ. Для этих зон могут быть установлены более низкие пороги контролируемых атрибутов. Учет допустимого падения качества в пределах выделенных зон, в том числе и при онлайн мониторинге, в системе SPW-3-Field может осуществляться двумя способами:

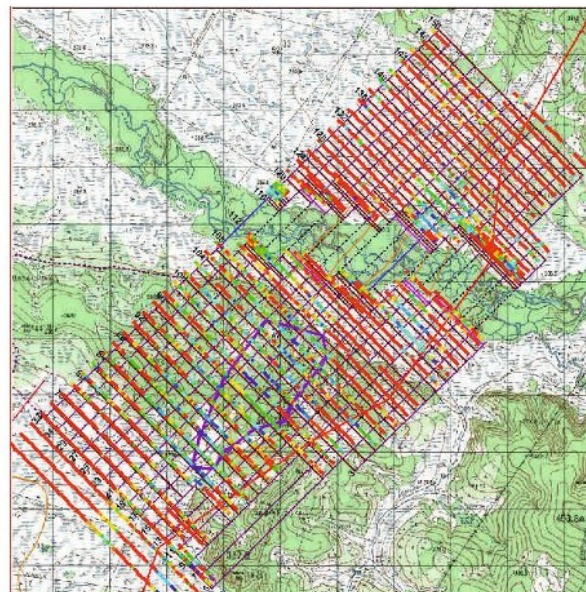
- исключение стоянок приема, попавших в выделенные зоны, из расчета для всей сейсмограммы атрибута. Атрибут рассчитывается только для стоянок приема расположенных вне контуров зон.

- расчет и оценка атрибута для стоянок приема, попавших в выделенные зоны и применение к ним пониженного порогового значения. При этом задается минимально необходимое для расчета количество трасс одного ПВ, попавших в выделенные зоны. Стоянки приема, находящиеся за пределами выделенной зоны, не участвуют в расчете атрибута.

Зоны пониженного качества могут быть околонтурены в комплексах MESA или Pikeza и импортированы в систему SPW-3-Field (рис.5)

Приведенные примеры мониторинга атрибутов сейсмической записи в режиме реального времени позволяют мгновенно реагировать на изменение внешних условий, - изменение погодных условий, например, усиление ветра, или поверхностных условий возбуждения, и принимать оперативные решения: перестрелять данную стоянку возбуждения-приема с увеличением количества воздействий вибраторов на точке или приостановить работу. Существенную помощь оператору при этом оказывают значения контролируемого атрибута качества в заданных окнах, которые он видит на экране сразу по завершении регистрации ФН. Контроль качества получаемых результатов наблюдений в таком режиме ведет к повышению качества и эффективности полевых работ.

Контроль качества сейсмических



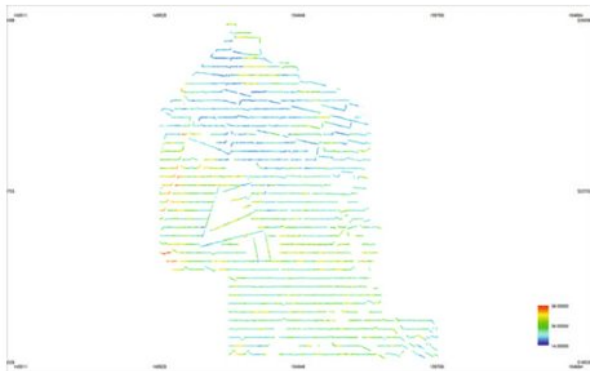
▲ Рис. 5. Карта атрибута S/N с зоной пониженных значений (лиловый контур).

данных, полученных с помощью бескабельных систем.

Основной проблемой, с которой сталкиваются при проведении работ с бескабельной телеметрией и модулями-накопителями, является отсутствие возможности контроля сейсмических данных в процессе их регистрации. Контроль качества может быть осуществлен лишь после того, как данные считаны с модулей-накопителей по завершении определенного этапа работ. Понятно, что и в этом случае, чем быстрее будет произведен контроль качества, тем больше шансов исправить возможные допущенные оплошности. В данной ситуации, использование системы, предназначенной специально для оперативного контроля качества, представляется наиболее целесообразным.

Рассмотрим пример оперативного контроля качества сейсмических данных заверченного этапа полевых работ, выполнявшихся с использованием бескабельного полевого оборудования SERCEL Unite System.

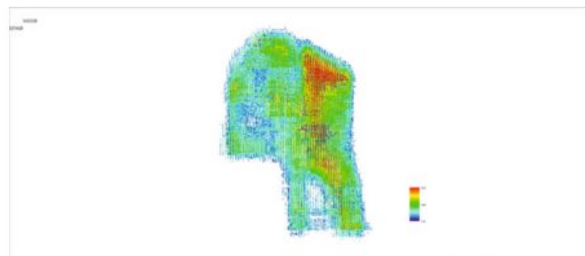
Оперативный контроль качества осуществлялся с помощью системы SPW-3-Field, установленной на 4-ядерный ком-



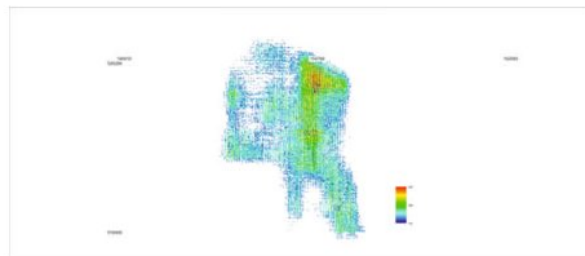
▲ Рис. 6. Карта атрибута «доминирующая частота в зоне интереса».

пьютер MacBookPro. В задачу контроля входило построение и анализ карт семи атрибутов сейсмической записи. На момент завершения этапа работ, после окончания считывания информации с модулей-накопителей количество зарегистрированных ФН составило 5600, при длине записи 2 500 дискретов и количестве активных каналов 3800. Для выполнения поставленной задачи было подготовлено задание на обработку полученного массива данных, которое включало процедуры расчета семи атрибутов сейсмической записи и построения соответствующих карт. Расчет и построение карт по семи атрибутам занял менее 6-ти часов. Пример карты атрибута «доминирующая частота в зоне интереса» приведен на рис 6.

Полученные карты свидетельствовали о вполне удовлетворительном качестве полевых данных. Однако, в процессе расчета атрибутов было обращено внима-



▲ Рис. 8а. Карта кратности по файлам SPS.



▲ Рис. 8б. Карта кратности по заголовкам трасс.

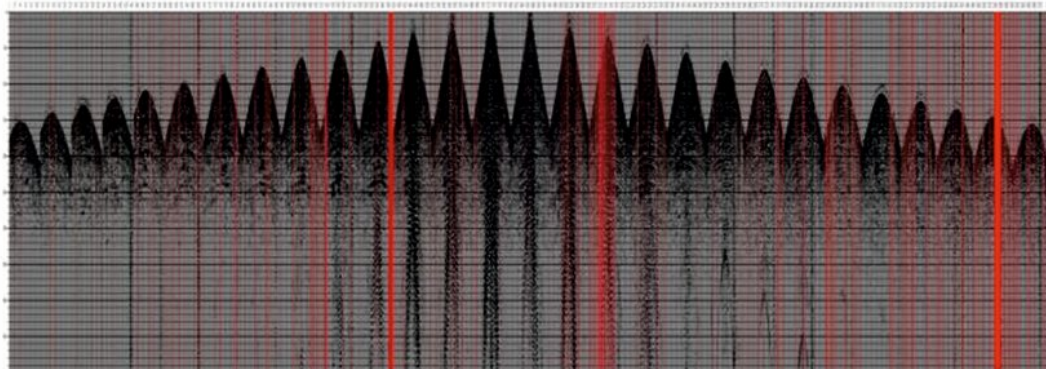
ние на большое количество сообщений об обнаружении каналов без информации (нулевых) (см.Рис.7).

Сравнение карт кратности, построенных по отчетным файлам SPS (см. Рис.8а) и по заголовкам реальных трасс (см. Рис.8б), показало, их существенное различие и поставило вопрос о полноте данных, представленных для контроля.

Дальнейшая проверка показала, что вследствие сбоев аппаратуры и технических ошибок сбор данных с модулей-накопителей, работающих в автономном режиме, был проведен с потерями информации. Повторный сбор данных восполнил потери.

Как показывает практика использова-

► Рис. 7. Проблема нулевых каналов.



ния автономных бескабельных систем регистрации сейсмических данных, полнота сбора данных с модулей-накопителей является общим слабым местом и должна оперативно контролироваться.

Резюме.

Приведенные нами примеры контроля качества полевых данных подтверждают тезис о том, что с появлением новых аппаратно-технических комплексов сбора сейсмической информации и применением на их базе новых технологий, актуальность контроля качества не снижается, а лишь находит новые ниши в полевом процессе.

Литература.

1. Закариев Ю. М., Рябошапка С.М. «Служить супервайзером – суть профессии», Приборы и системы разведочной геофизики. N1, 2011

2. Логовской В. И. «Контроль и эффективность сейсморазведки», Приборы и системы разведочной геофизики, N1, 2011

3. Логовской В. И. «Роль и содержание системного подхода к сейсморазведке», Приборы и системы разведочной геофизики, N2, 2009

4. А.В. Череповский «Полевой контроль качества на новом технологическом уровне наземной сейсморазведки», Геофизика, N2, 2014

5. Тищенко А. И., Жуков А. А., Тищенко И.В. « Критерии и алгоритмы оценки качества полевых сейсмозаписей». Приборы и системы разведочной геофизики, N1, 2011

6. Д.Л. Херолд, Н. И. Демидов «Полевая обработка в реальном времени и оперативный атрибутивный количественный анализ качества сейсмических данных», Приборы и системы разведочной геофизики, N3, 2007