

О роли и задачах супервайзерской службы при сопровождении полевых сейсморазведочных работ

Ю.Ш. Закариев, В.Г. Марутян, А.Л. Плешкевич, С.М. Рябошапко, Н.Н. Цыпышев,
ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль», г. Москва

Начало деятельности супервайзерских служб при проведении полевых сейсморазведочных работ на территории стран СНГ относится к началу 90-х годов прошедшего века. Имея более чем десятилетний опыт деятельности в одной из таких служб, авторы данной статьи преследуют цель поделиться с читателями накопленным опытом. В частности, разработаны и внедрены в практику полезные приемы и методики оценки качества сейсмических данных; выявлены основные, влияющие на него, факторы. Прежде чем перейти к основной содержательной части статьи, напомним главные этапы единого процесса проведения полевых сейсморазведочных работ:

- планирование и проектирование сейсморазведочных работ;

- полевые опытно-методические работы;

- основные производственные работы.

Дальнейшее изложение будет следовать именно этому делению.

Этап планирования и проектирования.

В практике организации полевых сейсморазведочных исследований часто Заказчик работ подключает супервайзерскую службу на этапах непосредственного проведения полевых сейсморазведочных работ. При этом заранее принимаются основные решения, во многом определяющие конечные результаты сейсморазведочных работ, среди которых такие, как выбор из возможных альтернатив проведения 2D либо 3D работ, величина площади и конфигурация внешнего контура сейсмической съемки, размер бинов, номинальная и реальная кратность наблюдений для заданных отражающих горизонтов, а также ряд других чрезвычайно важных характеристик, которые не могут быть впоследствии изменены. При таком подходе резко сужается область деятельности супервайзерской службы, для которой остаются важные, но уже чисто технические по своей сути задачи контроля технологии проведения полевых работ в рамках принятых проектных методических решений. Можно констатировать, что в ряде случаев принятые без участия супервайзерской службы методические решения бывают далеки от оптимальных, а именно они и определяют, во многом, качество окончательных результатов сейсморазведочных работ. Приведем подтверждающие практические примеры.

На одной из площадей в Западном Казахстане для проведения 3D сейсморазведочных работ была запроектирована съемка крестового типа с номинальной кратностью «40» и размером бинов 25мЧ25м. Много позднее, уже на этапе комплексной динамической интерпретации результатов сейсмической обработки было выявлено, что качество окончательного куба сейсмического изображения, а также динамические атрибуты для целевых мелко расположенных отражателей на глубинах 600м-700м оставляют желать, мягко говоря, лучшего. В ходе разбирательства причин было выяснено, что реальная (эффективная)

кратность наблюдений для указанных отражающих горизонтов составляет величину от 3 до 4 с учетом максимальных допустимых удалений и реальной линии мьютинга. В данном случае на этапе проектирования было принято ошибочное решение, заключающееся в том, что расстояние между линиями возбуждения 300м чрезмерно велико для полноценного освещения мелко расположенных целевых отражающих горизонтов. Можно полагать, что привлечение в качестве эксперта компетентной супервайзерской службы позволило бы выявить указанное обстоятельство на самых ранних этапах проектирования и внести в проект необходимые коррективы. Отметим, что для этого было необходимо выполнить построение карт эффективной кратности сейсмической съемки с учетом малой глубины целевых отражающих горизонтов.

Другой немаловажный факт заключался в том, что при определении конфигурации внешнего контура съемки не был учтен эффект сейсмического сноса, который был существенен, несмотря на небольшие глубины отражателей из-за крутых углов наклона. Это привело к недостаточно надежному освещению кровли соляного тела и ухудшению качества сейсмического изображения. Уточнение контура съемки могло быть выполнено также на ранних этапах проектирования с помощью разработанного математического обеспечения и имеющихся структурных карт (рис.1).

Можно привести иной важный и характерный пример. При планировании масштабных 3D

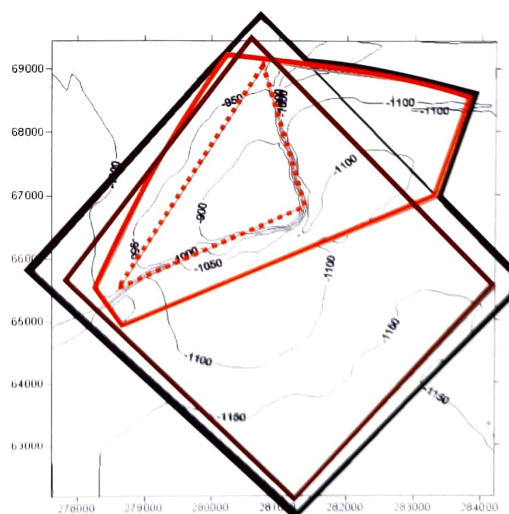


Рис. 1. Пример уточнения контура 3D съёмки, исходя из априорной структурной карты надсолевого отражающего горизонта на одной из площадей западного Казахстана. Условные обозначения:

- контуры на целевом горизонте
- контуры на поверхности, соответствующие контурам на целевом горизонте
- уточнённое положение контура съёмки с учётом сейсмического сноса

МЕНЕДЖМЕНТ В ГЕОФИЗИКЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

сейсморазведочных работ на Астраханском своде Заказчик поручил будущему Исполнителю полевых работ спроектировать сейсмическую съемку исходя из заданной предельной величины стоимости работ. Поскольку основная часть стоимости определяется общим объемом физических наблюдений. Подрядчиком было предложено использовать размер бинов $25\text{м} \times 50\text{м}$, что позволяло в два раза уменьшить общее число физических наблюдений. Благодаря тому, что Заказчик посчитал нужным получить устную консультацию со стороны супервайзерской службы, размер бина был изменен на необходимый $25\text{м} \times 25\text{м}$. Можно утверждать, что в противном случае в условиях солянокупольной тектоники и максимальных углов наклона стенок соляных куполов отраженные от них волны находились бы в области аляйсина пространственных частот, что не позволило бы получить качественное сейсмическое изображение ни с помощью стандартной временной обработки, ни с помощью глубинной 3D миграции до суммирования. Заметим, что по рекомендации супервайзерской службы было разумным образом увеличено расстояние между линиями возбуждения, что позволило сэкономить общее число физических наблюдений и получить результаты обработки высокого качества.

Рассмотрим важный и часто возникающий вопрос:

какую съемку целесообразнее планировать из двух возможных альтернатив: площадную 2D либо 3D?

Обычно, этот вопрос естественным образом возникает при детализационных сейсмических исследованиях. Поясним сказанное следующими простыми рассуждениями. Миновало то время, когда нередким было открытие крупных месторождений нефти и газа, относящихся к характерным размерам антиклинальных структур более 5 км в поперечнике. Ясно, что для уверенного картирования таких структур достаточно было иметь сеть сейсмических профилей с характерным размером ΔL ячеей $1,5\text{км} \times 1,5\text{км}$. Такой размер ячеей отвечает плотности 2D съемки:

$$Q = 2 / L = 1,333... \text{ (пог.км/кв.км)},$$

измеряемой в погонных километрах сейсмических профилей на один квадратный километр площади исследований. При обычной величине расстояния $\Delta X = 0,050\text{ км}$ между соседними точками возбуждения вдоль линии профиля плотности физических наблюдений площадных 2D работ составит:

$$P = 2 / (L * X) = 26,666... \text{ (физ.набл./кв.км)}.$$

В настоящее время часто приходится иметь более густую сетку профилей с размером ячеей $1\text{км} \times 1\text{км}$. В этом случае значение плотности физ. наблюдений будет равно уже 40 (физ.набл./кв.км). Нетрудно видеть, что идентичную плотность физических наблюдений будет иметь 3D съемка крестового типа с расстоянием между профилями возбуждения равным 500 м и шагом между соседними источниками 50 м. В ряде случаев, при сравнительно пологом залегании отражающих горизонтов, допустимо перейти на бин $25\text{м} \times 50\text{м}$. Например, в условиях Западной Сибири без заметной потери качества сейсмического изображения можно выбрать бин 50 м в направлении простирания клиноформ. Такому бину отвечает увеличенное расстояние между соседними пунктами возбуждения 100 м, что позволяет уменьшить плотность физических наблюдений в 2

раза. При обычном для Западной Сибири расстоянии между линиями возбуждения 400 м выбор бина $25\text{м} \times 50\text{м}$ обеспечит плотность 25 физ.набл./кв.км. Отсюда видно, что стоимость такого рода 3D сейсмических работ будет вполне сопоставима со стоимостью 2D площадной съемки. Нет нужды доказывать, что 3D съемка на порядок превосходит по информативности и надежности результатов обработки и интерпретации 2D съемку. Сказанное выше свидетельствует о важности своевременной экспертизы проектных решений, проведение которой может быть поручено компетентной супервайзерской службе.

Среди немаловажных вопросов проектирования 3D сейсморазведочных работ следует упомянуть о выборе типа геометрии сейсмических наблюдений из возможных альтернатив: «крест», «кирпич», «зигзаг», «слант», а также типа шаблона съемки: с коротким либо длинным взрывным интервалом. Длинный взрывной интервал, широко распространенный в отечественной практике, отвечает смещению шаблона съемки при отработке очередной полосы сразу на половину линий приема (съемки с перекрытиями по линиям приема), а короткий — на одну линию приема. Опираясь на полученные авторами результаты [2], следует настоятельно рекомендовать Заказчику использование схемы «крест» с коротким взрывным интервалом (при условии ее технологической применимости). Стоимость полевых работ для такого типа съемки несущественно отличается от стоимости альтернативного, более привычного в отечественной практике типа съемки с длинным взрывным интервалом.

Другая важная проблема, в которой смыкаются вопросы этапов планирования/проектирования и полевых опытно-методических работ, касается содержания программы этих работ. Часто практикуемый формальный подход к программе проведения опытно-методических работ приводит к тому, что их результаты не могут повлиять на оптимизацию важных технических параметров основных производственных работ из-за отсутствия соответствующих запланированных экспериментов и серьезного анализа их результатов. К сказанному следует добавить, что на сегодняшний день отсутствует общепринятая методика количественной и качественной оценки результатов опытно-методических работ. На основе ранее выполненных авторами исследований [1,2,3,4] можно предложить рациональные методики, способные восполнить указанный пробел. В следующем разделе будет уделено внимание этим вопросам.

Опытно-методические полевые работы.

Основной задачей данного этапа является уточнение важных технических параметров предстоящей сейсмической съемки в рамках принятых основных проектных методических решений.

В том случае, когда запланированы работы с использованием в качестве источников сейсмических колебаний взрывов в мелких скважинах, главными техническими параметрами, требующими уточнения, являются глубина погружения заряда и его вес.

В том случае, когда в качестве источников сейсмических волн используются сейсмические вибраторы, обычно планируются серии экспериментов, включающих перебор длительности

сви́па, его верхней и нижней граничных частот, числа накопленных воздействий на грунт, длительности начального конуса сви́па, величины нагрузки на грунт, а также способ группирования вибраторов и величина базы группирования.

Среди факторов, которые снижают значимость полевых опытно-методических работ, следует указать на отсутствие общепринятой методики количественной и качественной оценки их результатов. Зачастую, весь анализ ограничивается визуальной оценкой бумажных выводов зарегистрированных полевых сейсмограмм. В таких случаях обычным критерием оценки качества является более высокая интенсивность сейсмограммы, а также визуально лучшее прослеживание опорных отражений на фоне разнообразных помех, главными из которых являются интенсивные и низкочастотные поверхностные волны. Заметим, что на этапе опытно-методических работ попытка использования в качестве объективной меры качества сейсмограмм оконных оценок их амплитуд и частот обычно не приводит к успеху. Одной из причин является та, что в окна анализа амплитуд и частот попадают не только полезные сигналы, но и разнообразные интенсивные помехи, которые способны неузнаваемым образом исказить полученные количественные оценки. Исходя из накопленного опыта, не отвергая в целом полезность оконных оценок, следует отнести их использование на этап основных производственных работ. Оконные оценки могут с пользой применяться к большим объемам сейсмограмм основных производственных работ в качестве индикаторов, характеризующих относительные изменения их амплитудно-частотного состава в границах площади работ. Обращаясь к проблеме объективной количественной оценки качества сейсмограмм опытно-методических работ, авторами была разработана и практически опробована новая методика оценки отношения сигнал/помеха с предварительным полуавтоматическим прослеживанием синфазности интересующей отраженной волны [1,3]. После прослеживания синфазности отражения удобной мерой отношения сигнал/помеха является модуль отношения среднего арифметического вдоль синфазности к стандартному отклонению амплитуд сейсмических волн, составляющих указанное среднее. Практическое применение

этой меры качества сейсмограмм к результатам вибросейсмических работ позволило выявить следующие закономерности. Качество сейсмограмм с точки зрения перспектив их последующей сигнальной обработки практически не зависит в разумных, достаточно широких пределах от таких параметров как длина сви́па, ширина его частотной полосы, длительности начального конуса сви́па, а также от числа накопленных воздействий на грунт. То есть, на заданной площади работ можно пользоваться общепринятыми для данного региона параметрами вибрационного воздействия на грунт безотносительно к учету возможного изменения поверхностных сейсмогеологических условий проведения работ. Этот практически важный вывод был сделан авторами в ранее опубликованных работах [1,3]. По сути, единственным реальным фактором, значимо влияющим на качество сейсмограмм при вибросейсмических наблюдениях, являются параметры группирования источников и приемников сейсмических колебаний. С точки зрения качества результатов последующей сигнальной обработки данных 3D сейсмических наблюдений линейное группирование источников и приемников вдоль ортогональных групп с одинаковыми параметрами обеспечивает практически азимутально-независимое подавление интенсивных поверхностных волн и квазирегулярных помех, действуя как 2D антиаляйсинговый фильтр пространственных частот [4]. Важнейшей особенностью группирования является та, что его положительное действие не может быть заменено последующей сигнальной обработкой. Группирование с правильно подобранными параметрами позволяет на порядок снизить интенсивность основных регулярных помех, практически не искажая при этом полезные отражения и обеспечивая тем самым значительный прирост качества полевых данных. В отличие от группирования такой фактор, как увеличение длительности начального конуса сви́па, действующее как фильтр низких частот, полностью покрывается последующей одноканальной фильтрацией низких частот на стадии сигнальной обработки. Заметим, что параметры такой фильтрации и ее реализация могут быть выбраны более осмысленно именно на стадии стандартной обработки, а не в условиях проведения полевых наблюдений. Для иллюстрации сказанного на рис.2 приведены

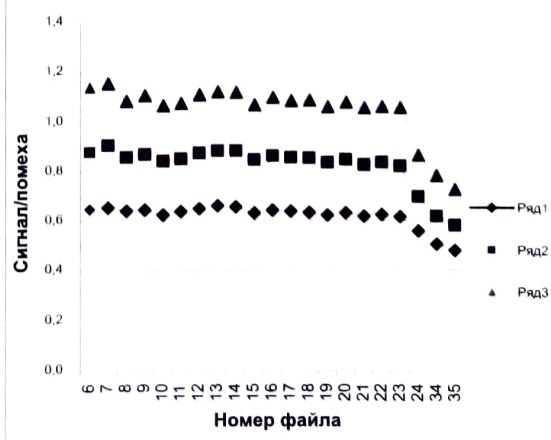
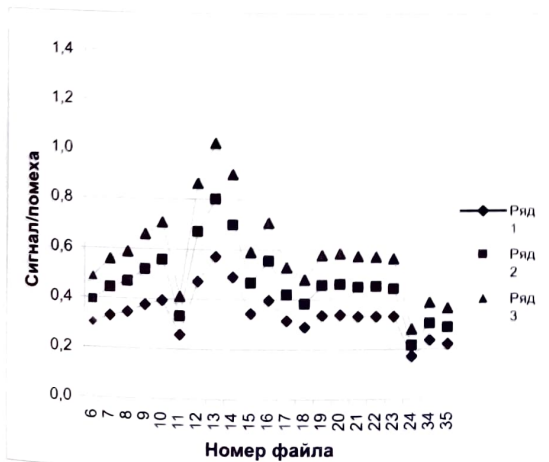


Рис.2. Сравнение различных мер отношения сигнал/помеха $\bar{P}_2 \cdot \bar{P}_8 \cdot \bar{P}_\infty$ по синфазности отражения с вершиной 1000 мс:

а) необработанные данные; б) данные после фильтрации в полосе частот [10-20, 90-120] Гц; Ряд 1 $\bar{P}_2$, Ряд 2 $\bar{P}_8$, Ряд 3 $\bar{P}_\infty$.

МЕНЕДЖМЕНТ В ГЕОФИЗИКЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

оценки отношения сигнал/помеха по сейсмограммам опытных работ с вибраторным источником с помощью описанной выше методики. Пиковые значения $\bar{\rho}_{\infty}$ отношения сигнал/помеха на рис.2.а, полученные по необработанным данным, отвечают относительному увеличению длительности начального конуса свипа. Применение обыкновенной полосовой частотной фильтрации (рис.2.б) практически полностью нивелирует различие сейсмограмм. Исключение составляет замена линейного группирования вибраторов на группирование типа «квадрат», отвечающее трем последним измерениям.

Приведенный выше важный пример диктует необходимость по-другому взглянуть на методику оценивания качества сейсмограмм, как визуального, так и количественного. Действительно, если сравнивать полевые коррелограммы, полученные с относительно малой и большой длительностями начального конуса свипа, то необработанные коррелограммы с большим начальным конусом свипа, безусловно, выглядят выигрышно. Как уже было сказано, это связано с тем, что более длительный начальный конус действует подобно фильтру низких частот, фильтрующему поверхностные волны. Заметим, что сходного эффекта можно было достичь с помощью увеличения начальной частоты свипа. Простая фильтрация низких частот трасс коррелограммы на стадии обработки полностью выравнивает их качество. Очевидно, что важным условием, обеспечивающим объективность и корректность сравнения сейсмограмм опытных работ, является применение к ним перед процедурой сравнения предварительной обработки типа «мягкой» фильтрации низких частот, а в некоторых случаях и деконволюции. Разумеется, перед этим следует выполнить учет геометрического расхождения и амплитудную стационаризацию записей простейшими процедурами типа нормировки или АРУ в широком окне. Этот важный вывод противоречит бытующей практике сравнения исключительно необработанных сейсмограмм, не учитывающей важных реалий.

В отношении результатов опытно-методических работ с взрывными источниками ситуация не столь очевидна, но полезным опять-таки представляется сравнение не только полевых, но и частично обработанных сейсмограмм. В частности, при изменении глубины заряда может значительно измениться фазовая волновая картина из-за перекачки энергии волны из одной фазы в другую. В таких случаях даже визуальное их сравнение бывает затруднительным. В этой ситуации полезным может стать применение деконволюции, которую должны предварять компенсация расхождения, амплитудная нормализация и полосовая фильтрация.

Представленный выше накопленный опыт, а также разработанные методики оценки качества полевых сейсмических данных, полученных в различных регионах и сейсмогеологических условиях проведения работ, позволяют супервайзерской службе заранее спланировать наиболее важные полевые эксперименты, результаты которых помогут находить близкие к оптимальным технические параметры проведения основных производственных работ.

Основные производственные работы.

В современной сейсморазведке наблюдается тенденция постоянного роста количества применяемого оборудования. С увеличением количес-

тва регистрирующих каналов при сейсморазведочных работах соответственно возрастают не только объемы регистрируемых данных, но и объемы работ по тестированию источников, приемников и регистрирующей аппаратуры. Поэтому на этапе полевых работ чрезвычайно важной оказывается ежедневная работа супервайзерской службы по сбору, анализу поступающих данных и своевременному выявлению возможных неполадок. Выявление неполадок на ранней стадии позволяет, в конечном счете, сберечь значительные средства, как Исполнителя, так и Заказчика. Независимый контроль оборудования, сбор, анализ и обобщение результатов его тестирования могут служить гарантией того, что тестирования выполняются в надлежащие сроки и в объемах, рекомендованных заводом-изготовителем, и требуемых Заказчиком. В настоящее время супервайзерская служба имеет в своем арсенале аппаратно-программные комплексы, позволяющие визуализировать и выполнять анализ результатов тестирования, записанных в различных форматах. Возможность анализа исходных данных тестирования дает уверенность в том, что данные предоставлены без их редакции и исправлений.

Одной из сложных проблем является организация в сейсморайоне регулярного тестирования полевого сейсмического оборудования с возможностью его планомерной замены (групп сейсморайонных приемников и кос). Не секрет, что во многих случаях это оборудование проходит тестирование лишь перед началом полевого сезона на базе партии, а в дальнейшем из-за его нехватки, оно весь сезон находится на профилях и тестируется, а также ремонтируется только после выхода из строя.

Проблему повышения качества результатов полевых сейсмических наблюдений следует рассматривать в нескольких аспектах. В настоящее время требуется не только полевое тестирование амплитудно-частотного состава отражений, но и параметров возбуждения-регистрации, влияющих на этот состав. Объективно это обусловлено потребностью перехода обработки сейсмических данных на более высокий уровень стандарта - обработку с сохранением амплитуд. Критерием качества полевых сейсмических данных следует считать их пригодность для последующей полноценной, качественной обработки. Качество полевых сейсмических данных связывают, прежде всего, с качеством прослеживания отраженных сейсмических волн от опорных и целевых отражающих горизонтов, их частотным составом, а также уровнем регулярных волн-помех, главными из которых, при наземных работах, являются поверхностные волны. Традиционным средством анализа сейсмограмм являются разнообразные оконные оценки. К числу популярных принадлежат оконные оценки амплитуд и временных частот сейсмической записи в выбранных пользователем пространственно-временных окнах. Ниже представлена технология анализа сейсмограмм исходя из опыта, накопленного специалистами ЗАО НПЦ "ГеоСейсКонтроль", и разработанных в компании программных средств.

Окна анализа выбираются исходя из основных особенностей наблюдаемых сейсмограмм. Так, обычно, при наземных работах на сейсмограмме можно выделить три основные области - M, R и S (рис.3)

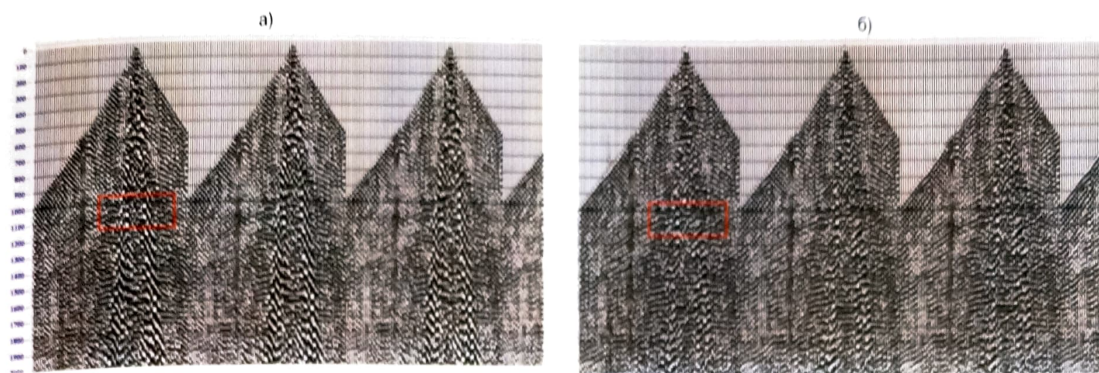


Рис.3 Сейсмограммы ОПВ с выбранными окнами анализа M, R и S для расчёта оконных оценок амплитуд и частот: а) до фильтрации, б) после фильтрации в полосе [10-20, 90-120] Гц

Область «микросейсм» M, расположенная до теоретических первых вступлений, содержит техногенные и ветровые помехи в случае использования взрывных источников, а при работе с вибростанциями — ещё и значительные по уровню регулярные корреляционные шумы. Область конуса поверхностных «релеевских» волн R содержит волны-помехи, которые могут на порядок и более превышать по амплитуде полезные отражённые волны. «Сигнальная» область сейсмограммы S расположена ниже области M и волн первых вступлений, вне конуса R интенсивных поверхностных волн. Исходя из указанного представления сейсмограмм, популярным способом их оценки является вычисление средних по модулю амплитуд AM, AR, AS и средних или преобладающих частот FM, FR, FS в окнах, расположенных в пределах указанных окон M, R и S, а также отношений полученных оконных оценок типа AS/AM и AS/AR. Указанные простейшие оценки помогают установить ряд таких важных особенностей изучаемых сейсмограмм, как:

-относительная интенсивность источника колебаний — величина AS, измеренная по сейсмограммам ОПВ;

-относительный уровень поверхностных волн-помех и «микросейсм» — величины отношений AS/AR и AS/AM (либо сами величины AR и AM), измеренные по сейсмограммам ОПВ;

-преобладающий (средний) частотный состав колебаний в разных областях сейсмограммы — величины FM, FR, FS, измеренные по сейсмограммам ОПВ.

Заметим, что часто область S содержит интенсивные среднескоростные квазирегулярные волны-помехи, имеющие близкий к полезным отражениям частотный состав, которые маскируют отражения и не позволяют уверенно выделить

полезный сигнал без предварительной частотной фильтрации указанных помех. Этот факт следует учитывать при интерпретации оконных оценок AS и FS.

При анализе значительных по объёму совокупностей данных производственных работ могут дополнительно использоваться оконные оценки AM и FM, выполненные по сортировкам (сейсмограммам) ОПВ. Эти оценки хорошо отражают структуру и уровень техногенных помех (дороги, населённые пункты, работающие нефтепромыслы и т.п.).

Рассмотрим проблемы контроля качества материалов на примере вибротехнических наблюдений.

1.«Параметрический» или «аппаратурно-технический» аспект контроля означает, что в поле обязателен оперативный контроль служебной информации. Этот контроль осуществляется по тем словам заголовков сейсмических записей и служебным трассам, в которых содержатся значения параметров возбуждения и параметров регистрации, влияющих на амплитудно-частотные характеристики записей:

- количество вибраторов;
- усилие прижима плиты;
- длительность конусов свипа;
- вид и параметры группирования вибраторов;
- длительность и частотный диапазон свипа;
- число накоплений;
- тип антиалиасингового фильтра;
- параметры режекторной фильтрации;
- параметры полосовой фильтрации;
- опции шумоподавления (вкл./выкл.) и корреляции (до суммирования/после суммирования).

Как было установлено, только часть указанных параметров фиксируется в служебных словах заголовков полевых сейсмограмм SEG2 и может

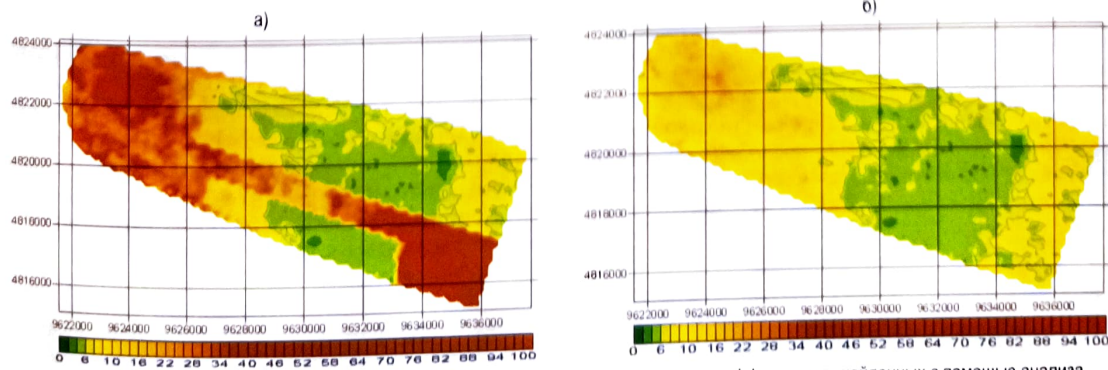


Рис.4. Карты параметра AS сейсмограмм ОПВ: а) исходная; б) с учётом поправочных коэффициентов, найденных с помощью анализа заголовков SEG2 полевых сейсмограмм

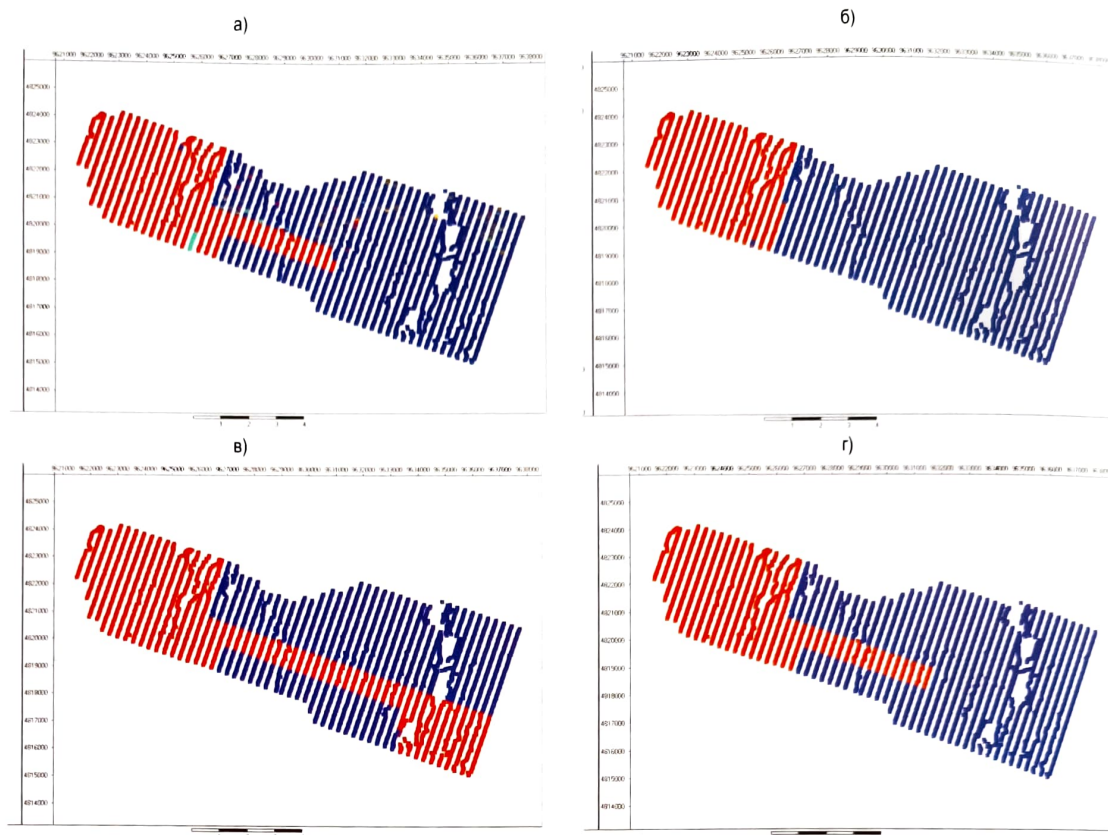


Рис.5. Распределение параметров возбуждения/регистрации на площади работ:

а) число накоплений: 4 (синий цвет) и 8 (красный цвет); б) длительность свипа: 12000мс (красный цвет), 16000мс (синий цвет); в) опция шумоподавления: выкл. (красный цвет)/вкл. (синий цвет); г) частотная полоса свипа: 10-100 Гц (красный цвет), 10-80 Гц (синий цвет)

участвовать в расчётах так называемого МР-фактора. Необходимость учета всех факторов, значимо влияющих на амплитудно-частотные характеристики записей, требует количественной оценки их влияния и нахождения способов компенсации в случае изменения этих параметров в ходе работ. Такие оценки и учет возможны по результатам опытных работ, проведенных на изучаемой территории. Полученные в ходе этих работ закономерности и следует использовать для расчёта корректирующих поправок.

Помимо служебной информации, содержащейся в заголовках сейсмических и служебных трасс, часть параметров возбуждения фиксируется системами управления возбуждением, которые также доступны для своего контроля. Практический опыт свидетельствует, что в процессе производственных работ должен производиться мониторинг параметров возбуждения/регистрации, могущих повлиять на амплитудно-частотный состав сейсмических записей. Следует рекомендовать фиксировать эти параметры и строить карты их значений на площади работ. Как уже было сказано, перед этим на стадии опытных работ должны быть оценены эмпирические зависимости амплитуд сейсмических записей от параметров возбуждения/регистрации, поскольку некоторые зависимости могут быть частично связаны с конкретными поверхностными сейсмологическими условиями. Сказанное относится ко многим из перечисленных выше параметров, за исключением числа накоплений и стационарного коэффициента усиления. Ниже приведен практический пример параметрического контроля полевых данных.

При выполнении анализа результатов

производственных 3D вибросейсмических работ на одной из площадей были вскрыты серьёзные методические упущения и недостатки в проведении производственных работ. Это привело к тому, что переданный на анализ полный объём полевых сейсмических данных (сейсмограммы формата SEGД) содержал колебания уровней амплитуд в разы в виде разрывов. Информация о причинах, вызвавших эти разрывы, в комплекте переданной сопутствующей документации отсутствовала. Для иллюстрации на рис.4.а представлена карта параметра AS средних амплитуд сейсмограмм ОПВ в области полезных отражений. Для поиска причин было решено извлечь из заголовков полевых записей SEGД значения всех доступных для контроля параметров, могущих повлиять на амплитуду сейсмограмм и время наблюдения отражений: коэффициент предусиления, тип антиэяйсингового фильтра, опция корреляции (до/после суммирования), число накоплений, длина свипа, опция шумоподавления (вкл./выкл.). Первые три из параметров оказались постоянными в пределах площади работ, а три последних несинхронно изменялись в пределах выявленного участка аномальных амплитуд. После тщательного анализа всей доступной полевой информации искомые параметры возбуждения/регистрации, влияющие на амплитуду записей, были найдены и закартированы с целью наглядного представления зон изменения этих параметров (рис.5). Выполненный анализ указанных параметров позволил компенсировать их влияние на изменение амплитуд и привести данные к единому уровню. Для этой цели были использованы зависимости, найденные по результатам анализа

опытных работ. Это позволило получить исправленную карту амплитуд, представленную на рис. 4.6. Без этой меры было бы трудно рассчитывать на успех последующей обработки с сохранением амплитуд.

2. «Сейсмический» аспект полевого контроля основан на мониторинге амплитудно-частотных характеристик сейсмических записей. В сейсмический контроль входит мониторинг амплитудных и частотных характеристик записей в виде оконных оценок на выбранном временном уровне полевых сейсмограмм и некоторых их отношений: AS, AR, AM, FS, FR, FM, AS/AR и AS/AM по сейсмограммам ОПВ; AM и FM по сейсмограммам ОПП. Полученные оконные оценки могут служить в качестве меры относительного изменения условий возбуждения/регистрации сейсмических колебаний, которая может быть связана как с объективными сейсмогеологическими условиями проведения наблюдений, так и с их технологическим обеспечением. По завершении работ эти оценки могут использоваться для построения карт соответствующих параметров. Использование карт оконных оценок позволяет производить районирование площади работ, т.е. установления зависимостей между геоморфологическими особенностями (формами рельефа) и значениями определенных параметров. Такие карты могут быть ценным подспорьем для дальнейшей обработки с сохранением амплитуд. Поэтому по завершении полевых работ целесообразно требовать от Подрядчика передавать в составе комплекта полевых сейсмических материалов результаты параметрического и сейсмического мониторинга в виде комплекта соответствующих карт. Кроме того, должны быть представлены выявленные зависимости амплитуд от параметров возбуждения/регистрации, полученные в ходе опытно-методических работ. Все эти данные должны быть переданы исполнителям обработки. Такой контроль позволит, с одной стороны, дисциплинировать исполнителя полевых работ и повысить культуру производства, а, с другой стороны, позволит полнее решить задачи обработки с сохранением амплитуд.

В последние годы частым требованием Заказчика является оперативная предварительная обработка сейсмических данных в полевых условиях по упрощенному графу. Как правило, эту обработку планирует и обеспечивает Подрядчик – производитель полевых работ, что представляется логичным. Имеются также примеры проведения подобной обработки представителями супервайзерских служб. В обоих случаях на супервайзеров ложится дополнительная задача не только непосредственного контроля полевых сейсмограмм, но и анализ результатов такой обработки. В некотором отношении результаты предварительной обработки могут стать важным дополнительным свидетельством качества зарегистрированных сейсмических данных.

Выводы.

Отечественный и зарубежный опыт деятельности супервайзерских служб позволяет сделать вывод об их полезности и необходимости. На наш взгляд, оптимальный сценарий участия супервайзерской службы в ходе планирования и проведения полевых сейсморазведочных работ должен начинаться с этапа планирования и проектирования, а заканчиваться передачей

полного комплекта сейсморазведочных материалов, включая карты оконных оценок амплитуд и частот сейсмограмм, на обрабатывающий вычислительный центр. Роль, которую может играть супервайзерская служба на разных этапах полевых сейсморазведочных работ, разнообразна.

На этапе планирования и проектирования супервайзерская служба может выступать в качестве эксперта или консультанта, который осуществляет экспертизу эскизного проекта сейсморазведочных работ, представленного их будущим исполнителем – Подрядчиком. Именно на этапе планирования и проектирования закладывается в основном качество и информативность окончательных результатов сейсмической разведки.

На этапе полевых опытно-методических работ супервайзерская служба может брать на себя функции оценки и поиска оптимальных технических параметров наблюдений в рамках принятых проектных методических решений.

На этапе основных производственных работ супервайзерская служба должна брать на себя функции ежедневного мониторинга качества сейсмограмм и соблюдения проектных технологических условий проведения сейсморазведочных работ, представляя интересы Заказчика. Естественным завершением полевого этапа должна стать передача полного комплекта сейсмических материалов на определенный Заказчиком вычислительный центр для выполнения их обработки.

На наш взгляд, полезным дополнительным видом деятельности супервайзерской службы, который основан на естественном разнообразии условий и регионов ее деятельности, включая дальнее зарубежье, является распространение передовых методик и технологий проведения сейсморазведочных работ.

Важным и самостоятельным родом деятельности супервайзерской службы является топогеодезический контроль проведения полевых работ; а именно, контроль правильности расположения на местности профилей и пикетов возбуждения/приема сейсмических колебаний. Сюда относятся также вопросы корректного согласования различных систем географических координат. Этот род супервайзерской деятельности, а также практикуемый супервайзерский контроль методики и технологии обработки сейсмических данных имеют большую самостоятельную специфику, в силу чего их следует рассматривать отдельно.

Литература

1. Закариев Ю.Ш., Марутян В.Г., Плешкевич А.Л., Рябов В.Ю., Рябошапка С.М., Цыпышев Н.Н., Мусалиев М.З. Методика количественного анализа опытных работ на примере вибросейсмических работ в западном Казахстане. Приборы и системы разведочной геофизики, №2(16)/2006. - С. 44 – 50.
2. Белоусов А.В., Закариев Ю.Ш., Мусалиев М.З., Плешкевич А.Л., Цыпышев Н.Н. Актуальные вопросы оптимизации геометрии 3D-сейсмических наблюдений. Геофизика, №4, 2007, стр. 74 – 81.
3. Закариев Ю.Ш., Марутян В.Г., Мусалиев М.З., Плешкевич А.Л., Рябов В.Ю., Рябошапка С.М., Цыпышев Н.Н. Оценка качества полевых сейсмических данных и основные факторы, влияющие на него. Геофизика, №4, 2007, стр. 82 – 92.
4. Плешкевич А.Л. Актуальные вопросы группирования источников и приемников при наземных 3D-сейсмических наблюдениях. Геофизика, №4, 2007, стр. 93 – 102.