

ISSN 2074-8906

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

ОБЩЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ

ЯНВАРЬ-МАРТ

01/2011

Издается с 2002 г.

ТЕМА НОМЕРА:

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ

ТАКЖЕ В НОМЕРЕ:

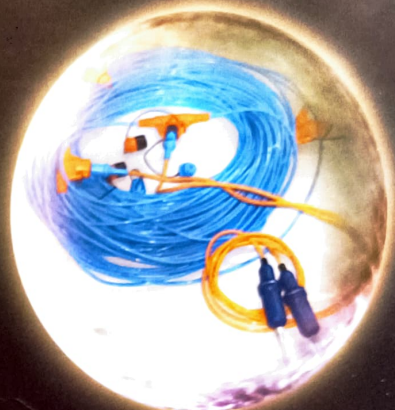
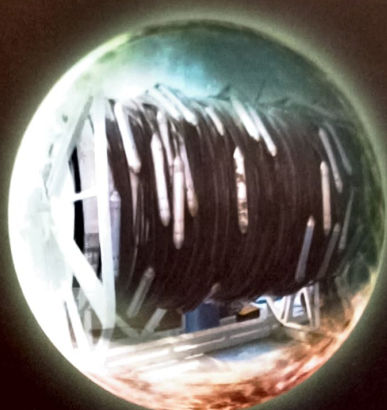
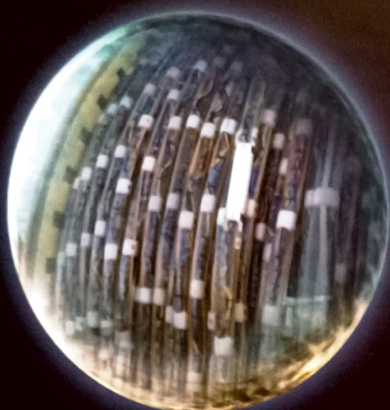
Суммирование данных, полученных разнородными датчиками
Адаптивная виброрейсморазведка (АВИС) в условиях неоднородного строения ВЧР



 **XZone®**
Bottom Fish

 **XZone®**
Marsh Line

 **XZone®**
Fly Lander



СИ Технолоджи
ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

353477 Россия, Краснодарский край,
г. Геленджик, ул. Ручейная, 8
т.: (86141) 26615, ф.: (86141) 26601
office@intromarin.ru, www.intromarin.ru

■ КОЛОНКА РЕДАКТОРА

Супервайзер: ревизор или наставник?

П.А. Турлов

4

● **Тема номера:** «Супервайзинг в разведочной геофизике»

■ НАЧАЛА

Служить супервайзером – суть профессии

Закариев Ю.Ш., Рябошапка С.М.

5

Супервайзер – творец или биоробот (Два пути развития супервайзинга)

Феоктистов А.В., Феоктистов В.А.

6

■ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Супервайзинг геофизических работ на нефть и газ в РОСНЕДРА

Хлебников П.А., Аккуратов О.С., Каплан С.А.,

Бубнов В.П., Навроцкий А.О., Галуев В.И., Горелов А.Г.

9

Супервайзинг по ОТ ТБ и ООС в сейсмике: новые подходы, востребованные индустрией. Опыт компании ТНК-ВР

Жуков А.А., Литвиненко Д.А., Фалеева Е.В., Гриценко Л.Р.

15

Супервайзерство в методе ВСП: пределы возможного

Шехтман Г.А.

18

Критерии и алгоритмы оценки качества полевых сейсмозаписей

Тищенко А.И., Жуков А.А., Тищенко И.В.

24

Контроль и эффективность сейсморазведки

Логовской В.И.

29

Внутренний супервайзинг и обеспечение качества

Крутов А.Л., Мамаев Д.А.

33

■ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

«SeisWin-QC» - интегрированная система анализа и контроля качества полевых сейсмоданных

Тищенко А.И.

36

К вопросу совершенствования технологий сейсморазведки при изучении глубокозалегающих сложнопостроенных нефтегазоперспективных объектов

Куколенко О.В., Селезнев В.А.

41

Суммирование данных, полученных разнородными датчиками

Мамаев Д.А.

46

■ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Адаптивная вибросейсморазведка (АВИС) в условиях неоднородного строения ВЧР

Жуков А.П., Тищенко И.В., Гридин П.А., Телков М.П.,

Тищенко А.И., Калимулин Р.М., Горбунов В.С.

49

Свод правил – как современный инструмент повышения качества и эффективности сейсморазведочных работ

Жуков А.П., Тищенко И.В., Ерхов В.А., Михальцев А.В.

52



СОДЕРЖАНИЕ

«Приборы и системы разведочной геофизики»
Общероссийский научно-технический ежеквартальный журнал
Издаётся с 2002 года

Учредитель
СРО МОО ЕАГО
Председатель П.А. Турлов

Издатель
ООО «ИнформГеофизСервис»
Директор Турлов П.А.
raturlov@mail.ru

Адрес издательства
410019, г. Саратов,
ул. Крайняя, 129
Тел: (8452) 64-14-32

Главный редактор
Турлов П.А.
raturlov@mail.ru
тел: (927) 221-12-45

Выпускающий редактор
Кузнецов И.М.

Координатор проекта
Матвеев С.А.
(987) 362-53-24

Верстка
Коващенко В.А.
v455489@yandex.ru

Обложка и оформление
Мокроусов Д.В.

www.prgf.blogspot.com

Тел/факс: (8452) 64-14-32

Тираж отпечатан
в типографии
ООО «Правильный Вывод»
тел: (845-2) 60-07-07
Тираж: 300 экз.
Подписано в печать
30.03.11
Дата выпуска: 06.04.11 г.
Заказ № 9632

Издание зарегистрировано в
Министерстве РФ по делам
печати, телерадиовещания и
средств массовых коммуникаций
за номером ПИ №77-
7906 от 27.04.2001 г.

От редколлегии
Ответственность за подбор
и изложение фактов в статье
несут авторы. Редколлегия
может публиковать
статьи, не разделяя точки
зрения авторов.

© П.А. Турлов, составление,
2010

© СРО МОО ЕАГО, оформление,
2010



Супервайзер: ревизор или наставник?

Турлов П.А., СРО МОО ЕАГО, г.Саратов

Первый номер журнала 2011-го года посвящен проблемам супервайзинга. Этимология этого термина достаточно известна: дословный перевод с английского – «надсмотрщик». Более свободный – контролер, ревизор и, возможно, наставник. Что-то подобное мы имели в советское время на предприятиях оборонной промышленности. Правда, так называемые «представители заказчика» и «военпреды», в основном, были чрезвычайно жесткими контролерами и не подозревали, что они занимались «супервайзингом». А как же обстоят дела с этим видом деятельности в разведочной геофизике?

На этот и другие близкие по смыслу вопросы отвечают так или иначе связанные с этим видом деятельности специалисты – представители заказчика-нефтяных компаний, подрядчика – геофизических сервисных предприятий и даже разработчики-приборостроители. Как обнаружат читатели, мнения эти далеко не всегда солидаризируются между собой и зачастую носят дискуссионный характер. Ну что ж, тем интересней и живей материал. Не все присланное в редакцию вошло в этот номер, но все оставшиеся неопубликованными материалы мы поместим в ближайших выпусках. Так что пусть дискуссия продолжается!

Время для обсуждения этой проблемы выбрано весеннее, перед началом летнего полевого сезона. Ведь именно сейчас следует обратить особое внимание на обеспечение высокого качества подготовки к проведению работ, провести ревизию и подумать об обновлении имеющегося парка оборудования. Журнал, как всегда, придет к Вам на помощь. Темы следующих номеров: бескабельные телеметрические сухопутные и водные регистрирующие системы (выпуск 2) и аппаратура, оборудование и программы геофизического вычислительного центра (выпуск 3).

Читайте Ваш журнал, пишите, принимайте участие в дискуссиях! И это, уверен, поможет делу!

Главный редактор журнала

Турлов П.А.

НАШИ ПАРТНЕРЫ



ФГУП ФНВИИГТ



АОН ГЕОФИЗИКА



Служить супервайзером – суть профессии

Закариев Ю.Ш., Рябошапка С.М., ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль», г.Москва

История становления службы супервайзерского сопровождения сейсморазведочного производства в России неразрывно связана с Западной Сибирью, где в конце 80-х – начале 90х годов прошлого века был сосредоточен основной объем сейсморазведки. Ведь в те годы именно там объем добычи углеводородов составлял более 80% от общей добычи по стране и их запасы необходимо было пополнять. Однако, геологические результаты, получаемые с использованием технологии 2D сейсморазведки и отечественного сейсморегистрирующего оборудования, все меньше и меньше удовлетворяли Заказчиков – нефтегазовые предприятия. Возникла острая необходимость тотального перевооружения сейсморазведочных организаций современными (зарубежными) телеметрическими системами и применения 3D сейсморазведочных технологий при разведке и детализации нефтегазовых месторождений, что и произошло в начале 90-х годов.

В 1993 году первым предприятием на территории Западной Сибири, купившим две телеметрические системы I/O (по 600 каналов) для реализации технологии 3D сейсморазведки, явилось ОАО «Ямалгеофизика». При первом же общении со специалистами I/O выяснилось, что российские геофизики недостаточно информированы об особенностях эксплуатации телеметрических систем и соблюдения технологии 3D сейсморазведки. Возникшие проблемы вызвали острую необходимость в организации соответствующей подготовки кадров сейсмических партий, а также необходимость проведения, помимо внутреннего контроля Исполнителем сейсмических работ, внешнего (супервайзерского) контроля хода выполнения полевых сейсмических исследований представителем Заказчика.

В 1993 г. ОАО «Ямалгеофизика», не дожидаясь решения Заказчика – ОАО «Пурнефтегазгеология», договорилось с ОАО «Центральная геофизическая экспедиция» (Москва) о проведении супервайзерского сопровождения в обеих партиях специалистов этой экспедиции – Лугинец А.И., Закариев Ю.Ш., Панфилов В.А., Калашников В.П. и Левков Д.В.

В начале внедрения супервайзерского сопровождения Заказчики недооценивали необходимость такого технического надзора (инспекции) в сейсмических партиях и не выделяли средства на оплату супервайзерских услуг. Впоследствии, оценив полезность влияния супервайзерского сопровождения на качество полевой информации, нефтегазовые организации стали приглашать специалистов и на супервайзерский контроль обработки и интерпретации сейсмической информации.

Супервайзерское сопровождение стало решать две основные проблемы: Заказчик получил возможность независимого контроля выполнения выставленных им требований к качеству полевой информации, а Исполнитель получил возможность, в случае изменения (ухудшения) сейсмической информации, объективно оценить причины изменений качества материала.

В период 1994-96 гг. Заказчики значительно увеличили объемы работ 3D сейсморазведки. В результате, потребовалось больше супервайзеров, резко повысились требования к их квалификации. Супервайзер должен иметь большой опыт полевой работы, разбираться в вопросах геолого-тектонического строения района работ, обработки и интерпретации, эксплуатации современного сейсмического оборудования и аппаратуры, ис-

пользования новых полевых сейсмических технологий и т.д.

Постепенно в супервайзерское сопровождение Заказчик стал включать, как и принято за рубежом, контроль за топографо-геодезическими работами, выполнением правил охраны труда и соблюдением экологических требований. То есть круг вопросов, решаемых супервайзером, существенно расширился, соответственно, возросли и требования к квалификации супервайзеров. И если вначале для супервайзерского сопровождения привлекались опытные специалисты (в основном геофизики) из производственных сейсмических организаций, то при указанном расширении поля деятельности супервайзеров возникла необходимость создания специализированных организаций.

Так, к примеру, в конце 1995г. была создана компания «АудитГеоСервис», ставшая в 1997г. ЗАО Научно-Производственным Центром «ГеоСейсКонтроль», который с самого начала не только предоставлял услуги супервайзерского сопровождения высокого уровня, но и силами своих сотрудников совершенствовал технологии контроля полевых работ. В настоящее время в «ГеоСейсКонтроле» решаются не только перечисленные выше проблемы и вопросы, но и:

- проводится обучение и повышение квалификации специалистов;
- разрабатывается МО для контроля и обработки полевой информации;
- предоставляются Заказчикам услуги супервайзерского сопровождения обработки, интерпретации сейсмической информации и анализа сейсмоданных с целью разработки методических и технологических рекомендаций проведения полевых работ.

В последние годы ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль», являясь самой большой организацией в России, предоставляющей услуги супервайзерского сопровождения, в течение года выполняет работы по 50-60 объектам Заказчиков на территории России. Специалисты ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль» неоднократно проводили контроль полевых сейсморазведочных работ за рубежом, подтверждая тем самым, что уровень их квалификации соответствует уровню иностранных супервайзеров.

В настоящее время в России имеется уже более десятка специализированных организаций, предоставляющих услуги супервайзерского сопровождения хорошего уровня. И если в начале 90-х годов Заказчик практически не имел возможности выбора и для выполнения контроля полевых работ просто приглашал специалистов из сейсмических организаций, то в настоящее время Заказчики проводят тендеры среди организаций, представляющих услуги супервайзерского сопровождения. Тендерные условия и требования все время повышаются и практически достигли зарубежного уровня. Например, многие крупные нефтегазовые организации в России ограничили возрастной ценз супервайзеров 60-ю годами, учитывают уровень квалификации специалистов, стабильность работы, состояние кредитной истории супервайзерских организаций и т.д.

Таким образом, можно констатировать, что создание в России службы супервайзерского сопровождения сейсморазведочных работ свершившийся факт. Вместе с тем, хотя на это ушло около 20 лет, до сих пор не все проблемы решены. Но об этом в следующий раз.



СУПЕРВАЙЗИНГ
В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ
НАЧАЛА

Данная статья представлена авторами, давно и плодотворно сотрудничающими с нашим журналом. Как правило, их статьи отличаются оригинальным подходом к рассмотрению тех или иных проблем, поднимаемых на страницах журнала. Насколько авторам статьи удалось раскрыть суть проблемы и о правомерности выводов о возможных путях развития супервайзинга - судить читателям.

Супервайзер-творец или биоробот? (Два пути развития супервайзинга)

Феоктистов А. В., Феоктистов В. А., г. Саратов

О сущности супервайзинга в системе управления качеством геофизического предприятия и роли супервайзера на всех этапах контроля от полевых сейсморазведочных работ до обработки-интерпретации уже высказывались различные мнения на страницах журнала «Приборы и системы разведочной геофизики» [1-8]. В сложившейся терминологии и практике есть два понятия: 1 - супервайзинг определенного этапа ГРП (как правило, отдельно - полевые работы, обработка, интерпретация); 2 - экспертное сопровождение проекта ГРП на участке недр, в целом, включая формирование геологических задач, рецензирование проекта, возможность выбора рационального комплекса методик, параметров. Соответственно, сущность этих понятий различна. У супервайзинга - это жесткий контроль соблюдения проекта, а у экспертного сопровождения - оптимальность выбора методов решения геологической задачи.

Общность взглядов на правовые основы супервайзинга до сих пор отсутствует и в каждой нефтесервисной организации существует свой набор отраслевых стандартов, включая «Положение о супервайзерах». Рекомендованные Евро-Азиатским Геофизическим Обществом (ЕАГО) для внедрения в сервисных компаниях в добровольном порядке внутренними приказами - новая техническая инструкция по наземной сейсмореазведке на нефть и газ, а также «Этический кодекс геофизиков России», одобренный решением правления ЕАГО от 26.08.2004, приняты «на вооружение» лишь частью геофизических компаний. Правовые основы супервайзинга Заказчик обычно формулирует в проекте и договоре, где оговорены права и полномочия супервайзера. Иногда это описано в отдельном документе Заказчика, регламентирующем стандарты качества и методы его контроля.

Концептуальное видение регламентов и конечных целей ГРП у Заказчика и Подрядчика зачастую не совпадают. Непонятно, как обеспечить безусловное соблюдение отраслевых стандартов при рекомендательном характере их статуса и расхождении мифов и реалий сейсморазведки [6]. Число же отраслевых стандартов растёт с расширением круга геологических задач и с переходом от сейсмической интерпретации к моделированию месторождений [9-17]. Однако их исполнение оставляет желать много лучшего, что подтверждается парадоксом падения показателей геологической эффективности при росте научно-технического прогресса в отрасли [6-8, 18].

В статьях [6-8] называются различные причины данного парадокса, главными из которых авторы считают человеческий фактор, узкую специализацию в разведочной геофизике и «лоскутную геологию». Все современные технологии сбора, обработки-интерпретации, супервайзинга разнородной геолого-геофизической информации пытаются исключить человеческий фактор средствами автоматизации, заменив человека-специалиста компьютерными программами и экспертными системами. Такие

системы хорошо работают в стандартных ситуациях и широко используются даже в сложных производствах: автомобилестроении, космонавтике, атомной энергетике, сейсмологии, нефтедобыче и многих других, где все процессы в технологической цепочке четко формализованы. Методология супервайзинга сейсмических работ опирается на инструментальный контроль аппаратуры, контроль системы наблюдения в поле, контроль правильности геометрии и коммутации, визуальный и количественный контроль качества полученного материала, получение контрольных сумм по упрощенному графу обработки.

Изменчивость сейсмогеологических условий, наличие помехообразующих факторов и уникальность геологических объектов затрудняют автоматизацию как полевого сбора геофизической информации, так и обработки-интерпретации, что вызывает необходимость творческого подхода при оценке качества материала и выбора средств решения геологической задачи при частых отклонениях от проекта работ и не всегда обоснованных требованиях геологического задания. Эта ситуация особенно ярко проявилась при переходе от «сейсмической интерпретации к моделированию месторождений» [9]. Проблемы потери качества информации на стыке смежных специальностей предполагается решить путем создания мультидисциплинарных групп и общей базы данных в каждом из многоцелевых проектов. Руководство такими проектами и супервайзерский контроль возлагается на координаторов-специалистов широкого профиля, знающих всю цепочку превращения разнородной геолого-геофизической информации в адекватную геологическую модель объекта ГРП.

Сейчас просматриваются две тенденции развития службы контроля качества геофизических работ, одна из которых направлена на полное исключение человеческого фактора из технологических схем сбора, обработки и интерпретации геофизической информации. Осуществляется интеграция пакетов оценки качества в регистрирующую аппаратуру, интеграция систем спутникового позиционирования с регистрирующей аппаратурой и источниками возбуждения, что позволяет полностью устранить ошибки позиционирования и коммутации. Применяют системы удаленного контроля качества в режиме реального времени через интернет и автоматическую остановку регистрации при выявлении сбоев аппаратуры или параметров сигнала. Вторая тенденция предполагает специальную подготовку руководителей мультидисциплинарных групп и супервайзеров с расширением полномочий при оперативном принятии решений в нестандартных ситуациях, которыми характеризуются практически все сложные геологические объекты изучения. Такие специалисты могут уже не формально проводить опытно-методические работы по подбору параметров источника возбуждения по мере необходимости и давать квалифицированные рекомендации Заказчику по коррективам к текущему проекту

работ.

В геофизических предприятия считают, что точность и достоверность геофизической информации являются определяющими показателями при оценке её качества. Если точность геофизических измерений можно оценить метрологически и автоматически остановить процесс измерений при превышении отклонений от заданных параметров, то «достоверность» преобразований точной информации в геологическую модель определяется по завершению обработки и интерпретации и завершается последующим бурением. Весьма часто ретроспективная проверка бурением превышает внутриметодные оценки точности из геофизических отчётов [18]. Обычно это происходит, когда заказчики привлекают специалистов-супервайзеров не на всех этапах технологической цепочки или при нарушении отраслевых стандартов [10-17]. Очень важен этап правильного проектирования детальных работ, особенно МОГТ-ЗД [19]. Заказчики часто исходят из минимальной стоимости проекта при неадекватном упрощении геологической модели и ограничении площади ЗД-съёмки предполагаемыми границами контура нефтегазоносности или границами лицензионного участка, что неправильно и никаким супервайзингом не исправишь.

Роль супервайзера также подвержена «человеческому фактору» и одним из инструментов его минимизации может служить «Этический кодекс...» ЕАГО и усиление роли профессионального сообщества в формировании единого пакета отраслевых стандартов и введении рейтинга экспертов среди членов ЕАГО (корпоративных и физлиц).

ОАО «Саратовнефтегеофизика» имеет в составе всех полевых партий представителей контроля качества (КК), оснащённых современными персональными компьютерами или ноутбуками. Привлекаются и аппаратные средства подрядчика: контроль аппаратуры средствами сейсмостанции; сверка виброисточников; отстрел идентичности групп; контроль определения координат независимым прибором, а также программные средства: Mesa (GIMG) - проектирование, контроль геометрии, планирование обходов, написание скриптов; Focus и/или SPW - обрабатывающие пакеты для оценки атрибутов записи и получения контрольных разрезов; SeisWinQC - специализированный пакет оценки качества материала по набору атрибутов записи; VibQC и VibraSig - программы контроля работы виброисточников; контроль положения группы, контроль нелинейных искажений, фазы и усилия на каждом накоплении.

О конечном выборе направлений развития супервайзинга судить пока рано. Кто одержит верх творец или биоробот? Нам хотелось бы, чтобы это был творец!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блюменцев А.М., Цирульников В.П., Симаков В.С., Козыряцкий Н.Г. «О системе управления качеством геофизического предприятия». / Приборы и системы разведочной геофизики, 04/2008.
2. Закариев Ю.Ш., Марутян В.Г., Плешкевич А.Л., Рыболов С.М., Цыпышев Н.Н. «О роли и задачах супервайзерской службы при сопровождении полевых сейсморазведочных работ». / Приборы и системы разведочной геофизики, 01/2008.
3. Логовской В.И., Говоров С.Н., Токарев М.Ю., Харитонов А.Е. «Концептуальная схема

оптимизации сейсморазведочного процесса для обеспечения нефте-газоразведочного и разрабатывающего производства» / Приборы и системы разведочной геофизики, 01/2008

4. Власов С.С., Матвеев Ф.В., Феоктистов В.А., Шестаков Э.С., Ефимов В.И. «Проблемы контроля качества первичных сейсморазведочных материалов при работах методом отражённых волн» / Приборы и системы разведочной геофизики, 04/2008
5. Логовской В.И. «Роль и содержание системного подхода к сейсморазведке» / Приборы и системы разведочной геофизики 02/2009
6. Феоктистов А.В., Феоктистов В.А. «Зачем нужен супервайзер?» (Мифы и реалии сейсморазведки) / Приборы и системы разведочной геофизики, 01/2010
7. Феоктистов А.В., Лепилин В.М., Феоктистов В.А. «Найти Карачаганак 2!» / Приборы и системы разведочной геофизики, 03/2010
8. Феоктистов А.В., Феоктистов В.А. «Геологическая эффективность структурно-формационной интерпретации и её контроль на примере «рифового направления» ГРП». / 02/2011.
9. Ампилов Ю.П. «От сейсмической интерпретации к моделированию и оценке месторождений». Центральное издательство геофизической литературы "СПЕКТР", 2008.
10. РД 153-39.0-047-00 - Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений. М., МПР РФ, 2000.
11. Методические указания по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений - в 2 ч. - М., ОАО «ВНИИОЭНГ», 2003.
12. Методические рекомендации по подсчёту геологических запасов нефти и газа объёмным методом. под ред. В.И. Петерсилье и др., Москва-Тверь, 2003.
13. Техническая инструкция по наземной сейсморазведке при проведении работ на нефть и газ. ЕАГО, М., 1999.
14. Методические рекомендации по применению пространственной сейсморазведки 3D на разных этапах геологоразведочных работ на нефть и газ. М., 2000.
15. Временное руководство по содержанию, оформлению и порядку представления материалов сейсморазведки 3D на Государственную экспертизу запасов нефти и горючих газов, М., 2002.
16. Методические рекомендации по использованию данных сейсморазведки (2Д, 3Д) для подсчёта запасов нефти и газа, М., 2006.
17. Методические рекомендации по использованию данных сейсморазведки для подсчёта запасов углеводородов в условиях карбонатных пород с пористостью трещинно-кавернового типа (авторы: В.Б. Левянт, И.Ю. Хромова, Е.А. Козлов, И.Н. Керусов, Д.Е. Кашеев, В.В. Колесов и Н.Я. Мармалевский), М., 2010.
18. Михеев С.И., Постнова Е.В. «Технологические аспекты эффективности и успешности геологоразведочных работ на нефть и газ». / Приборы и системы разведочной геофизики 04/2010.
19. Козлов Е., Боуска Дж., Медведев Д., Роденко А. «Лучше сейсмики 3D-только сейсмика 3D, хорошо спланированная». Геофизика, №6, 1998.



СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ НАЧАЛА

**БЕЛОРУСНЕФТЬ****Речица 2011****ГеоСейс Фирма ГЕОСЕЙС**

Добро пожаловать на международный геофизический семинар по тематике
«Широкоазимутальная сейсмическая съемка и многоволновая сейсморазведка»



Государственно-производственное объединение "Белоруснефть" совместно с геофизической компанией "ГеоСейс" приглашает Вас принять участие во втором международном семинаре по вопросам тенденций развития сейсморазведки, который пройдет **19, 20, 21 июля 2011 г.** в городе Речица (Республика Беларусь).



Заявки на участие: geoseisltd@gmail.com
Доп. информация по тел.: +7 (495) 694-1997
Контактное лицо: Казакова Елена Викторовна

**Саратов / 23-25 августа / 2011****Встречи
на Волге**

СП
**СКБ СЕЙСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Соблюдая добрую традицию, ОАО «СКБ СП» и Саратовское региональное отделение МОО «ЕАГО» приглашают коллег и друзей принять участие в научно - практической конференции «ГЕОТЕХ-2011», которая состоится 23-25 августа 2011 г. в Саратове.

Программа конференции предусматривает проведение пленарного заседания, заседаний по секциям и выставки геофизической аппаратуры. Участники конференции получают возможность обменяться мнениями, обсудить результаты и перспективы использования последних разработок и новинок техники, технологии, программного обеспечения и методик выполнения сейсморазведочных работ.

В планах культурной программы знакомство с достопримечательностями Саратова и прогулка на теплоходе по Волге.

Участие в конференции платное. Счет на перечисление целевого взноса за участие в конференции будет выставлен после получения предварительной заявки на участие.

Заявки на участие просим направлять в оргкомитет конференции по факсу (8452) 64-14-32; (8452) 27-21-01 или по электронной почте - paturlov@mail.ru, в свободной форме на бланке предприятия с указанием: Ф.И.О. участника конференции; должности; темы сообщения; размера площади на выставке и необходимого оснащения; типа номера в гостинице для бронирования; необходимости встречи на вокзале или в аэропорту.

**Уважаемые коллеги и друзья,
до встречи на Волжских берегах!**

Оргкомитет

Контактный тел.: (8452) 64-14-32; 570-505
Факс: (8452) 64-14-32; 27-21-01
e-mail: paturlov@mail.ru

Супервайзинг геофизических работ на нефть и газ в РОСНЕДРА

Хлебников П.А., Аккуратов О.С., Каплан С.А., Бубнов В.П., Навроцкий А.О., Галуев В.И., Горелов А.Г., г. Москва

Назначение супервайзинга — снижение рисков при проведении работ с целью поисков и разведки месторождений нефти и газа.

Процесс нефтегазопроисковых работ — длительный, затратный и рискованный. Положительный результат достигается далеко не всегда. Даже в таком изученном районе, как Западная Сибирь, коэффициент успешности нефтегазопроисковых работ за период с 1976 — 2004 года снизился с 0,7 до 0,42, а в целом по России не превышает 0,25 — 0,3. В то же время неподтверждение объекта ГРП первыми скважинами сразу же увеличивает стоимость поисковых работ в 1,5 — 2,0 раза. Таким образом, решение задачи управления и наращивания ресурсов и запасов углеводородного сырья (УВ) теперь во многом будет зависеть от содержания и эффективности мероприятий по страховке рисков и сопровождению нефтегазопроисковых проектов. В их числе:

- установка и оценка приоритетов при выполнении работ на объекте;
- идентификация рисков, включая: «человеческий фактор»; возможность потери контроля за ходом работ на объекте; возникновение экстремальных погодных условий; ошибки измерений, обработки и интерпретации полученной информации;
- выбор способов и мероприятий управления рисками. То есть должна быть разработана и внедрена система управления рисками: меры контроля, мониторинг выполняемой работы, автоматизация хотя бы некоторых из элементов системы. При этом система управления рисками должна функционировать одновременно со всеми остальными видами деятельности и взаимодействовать с ними. Фактически речь идет о разработке и приме-

нении системы контроля качества создаваемой геологоразведочной (в нашем случае — геофизической) продукции и о привлечении фирм, специализирующихся на проведении работ подобного рода.

Такие фирмы не должны быть структурными подразделениями Заказчика. Эти фирмы должны выбираться по конкурсу, а их деятельность (права, обязанности и порядок взаимодействия) оговариваться двусторонними Договорами.

- Основные задачи:**
- контроль технологической дисциплины Исполнителя работ — соответствие техники и методики работ проектному заданию;
 - оценка качества получаемой геолого-геофизической продукции.

Модель сопровождения геофизических работ.

В геофизике продукцией является информация — продукт взаимодействия объективных данных и субъективного использования методов ее обработки. Качество определяется степенью удовлетворения потребностей конкретного потребителя этой информации. Работа по обеспечению качества должна начинаться до получения информации, продолжаться в период ее создания и заканчиваться моментом утилизации в фондах и использования недропользователями.

Применяемый до сих пор способ «визуальной» оценки качества геофизической информации неоперативен и необъективен, а наблюдаемое увеличение объемов информации еще больше сокращает возможности использования средств визуального контроля.

Требования по качеству геофизических материалов рассеяны в некотором сравнительно небольшом количестве инструкций, составлен-



Рис. 1. Петля качества в соответствии со стандартами ИСО 9000-9004/1994.

СУПЕРВАЙЗИНГ
В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ
РАБОТЫ

ных более 20 лет назад, к тому же устаревших. Заказчики и поставщики геофизической продукции заполнили этот пробел, ориентируясь на свои, не синхронизированные друг с другом и государством, нормы и правила.

Поэтому система сопровождения геофизических работ на нефть и газ, принятая в Роснедра, опирается на рекомендации международного стандарта качества ISO 9000, введенного в действие Постановлением Госстандарта России от 15/08/2001 г. за № 332-ст, согласно которому любой производственный процесс можно разделить на этапы и представить их в виде так называемой «петли качества», что безусловно верно и применительно к геофизическим работам (Рис. 1).

Процесс получения и последующего преобразования геолого-геофизической информации на любом из этапов геофизических работ всегда проходит на фоне изменения (ослабления или роста) различного рода ошибок. При этом снижение погрешности измерений и издержек технологического порядка, достигнутое, например, за счет совершенствования аппаратно-технических средств и методики проведения полевых работ, само по себе не гарантирует от появления ошибок на этапах регистрации информации и т.д.

Концептуально система сопровождения геофизических работ на нефть и газ, принятая в Роснедра, создавалась для удовлетворения информационных потребностей конкретных пользователей:

- организаций, осуществляющих сопровождение (супервайзинг) геофизических работ;
- федеральных служб, ориентированных на приемку и архивацию исходных сейсмограмм и результатов обработки;
- комиссий, организуемых Федеральным агентством по недропользованию для приемки материалов полевых работ и результатов обработки полученной информации.

Данная система охватывает несколько этапов производства:

- этап подготовки проектных решений;
- этап проведения полевых работ и опережающей экспертной обработки первичной геофизической информации;
- этап обработки и машинной интерпретации геофизических данных на стационарных ВЦ.

Важнейшими элементами системы являются супервайзеры (представители Заказчика), сопровождающие или оценивающие все или некоторые из этапов через ряд ключевых точек «петли качества».

Справочно: Супервайзер (от английского supervisor) - административная должность, создаваемая Заказчиком для того, чтобы «наблюдать за...» и/или «руководить» процессом выполнения работ на его объектах. Свои действия Супервайзер реализует от имени Заказчика посредством выдачи предписаний и инструкций. При этом Супервайзер, как правило, не имеет права вмешиваться в административно-хозяйственную и распорядительную деятельность Исполнителя работ и не несет бюджетной ответственности по его обязательствам перед Заказчиком.

Сопровождение геофизических работ, в зависимости от особенностей объекта, осуществляется в режимах:

- постоянного присутствия супервайзера на объекте работ;
- присутствия супервайзера в периоды проведения наиболее ответственных методикотехнологических операций (опытные работы, замена аппаратуры и оборудования, измене-

ния методики работ, непреодолимых препятствий и др.);

- участия супервайзера в приемке результатов работ.

Учитываются также следующие возможные аспекты функционирования системы:

- оценка качества каждого очередного зарегистрированного физического наблюдения, чтобы была возможность принятия решения в случае необходимости его повторения;
- оценка качества совокупности наблюдений на этапах приемки геофизического материала);
- использование программно-технических средств автоматической оценки качества геофизических материалов.

Организация, выполняющая сопровождение, выбирается в результате открытого конкурса, объявляемого Роснедра с периодичностью 2,5 года, и финансируется за счет средств федерального бюджета в соответствии с Государственным контрактом.

Организация сопровождения. Начиная с 2006 г., все геофизические работы на нефть и газ на территории Российской Федерации и ее континентальном шельфе, выполняемые по Государственным контрактам Роснедра, сопровождаются ФГУП ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем».

Система предназначена для сопровождения и оценки качества геофизических материалов на этапах подготовки проектных решений, проведения полевых работ, обработки и интерпретации получаемой информации, сформирована с учетом существующих документов нормативно-технического характера, отечественного и зарубежного опыта проведения такого рода работ, документов и программно-технических средств, разработанных в институте и субподрядных организациях, и базируется на нескольких принципах:

1. В центре внимания системы - интеллектуальный капитал, находящийся в распоряжении организации. Супервайзеров столько, сколько сотрудников. Каждому необходимо постоянно совершенствоваться. Курсы повышения квалификации предпочтительнее простого чтения книг по специальности, поскольку их окончание документально подтверждает уровень профессиональной подготовки Супервайзера.
2. Ошибки — неизбежный продукт производства. Любые предположения могут быть ошибочны. Ошибки необходимо выявлять на ранней стадии, не замалчивать, на них надо учиться, чтобы не повторять в будущем. Если что-то очень хорошо работает, значит оно устарело и необходимо искать в чем и где.
3. Стратегические параметры успеха — довольный Заказчик, воодушевленные Исполнители, мотивированные и обученные Супервайзеры.

В результате, система сопровождения геофизических работ на нефть и газ «ВНИИгеосистем» оказалась глубоко эшелонированной по уровням деятельности и видам работ (рис. 2). Она представлена головной группой, тремя лабораториями, пятью субподрядными организациями и специалистами, прошедшими подготовку в Учебном центре института.

Опыт сопровождения. Система оценки качества прошла самое широкое опробование на объектах Госзаказа. Фактически, начиная с 2006 года, с использованием этой системы сопровождают все объекты полевых сейсморазведочных работ Роснедра; с 2009 года - объекты электро-разведки, гравиразведки, аэромагниторазведки и обработки сейсмических материалов; с 2010 года - дополнительно ВСП (рис. 3). В 2008 — 2010

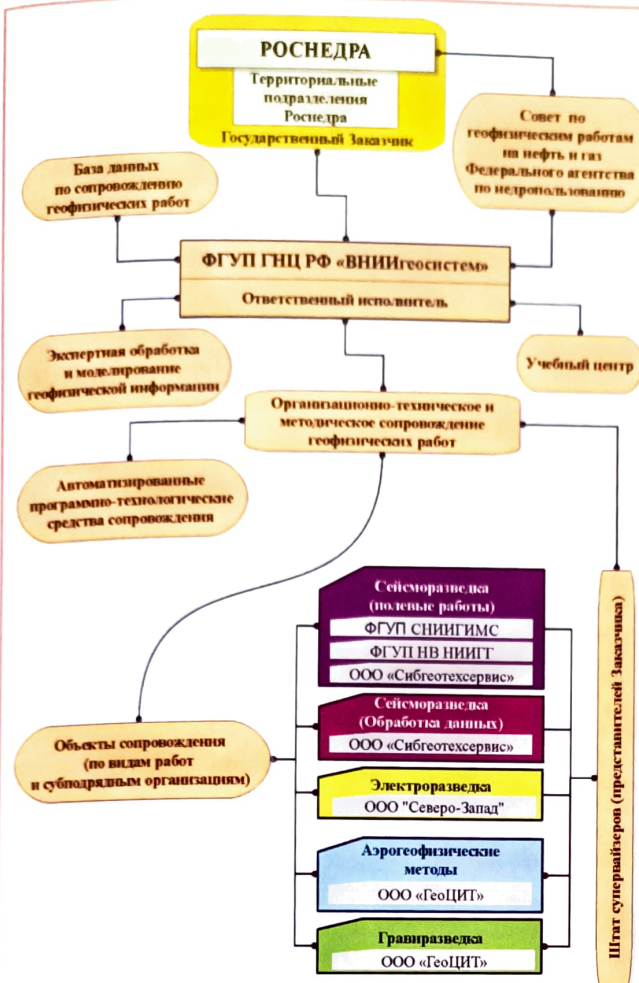


Рис. 2. Блок — схема организации методического и технологического сопровождения геофизических работ по государственным заказам Роснедра.

годах в работе ежегодно было задействовано 70 - 75 специалистов - супервайзеров.

Супервайзерскому сопровождению подлежали все стороны деятельности полевой партии (отряда), включая: наличие проектно-сметной и другой разрешительной документации на право ведения работ на объекте, аттестованных кадров, необходимой материально-технической базы; контроль объемов работ и качества получаемой информации; выявление случаев отклонения от проекта работ; составление рекомендаций, способствующих улучшению качества геофизических наблюдений; составление информационных и окончательного геологического отчетов о проделанной работе.

Средства автоматизированной оценки качества геофизических материалов. Работы по этому направлению предусматривали адаптацию известных и создание новых программных средств оценки качества геофизических материалов.

С учетом этого были сформулированы требования к содержательной части пометодных программно-технических комплексов:

- Комплексы должны функционировать на наиболее распространенной и доступной платформе - персональном компьютере, в частности ноутбуке, в среде Windows с расширенными объемами оперативной и твердой памяти;
- Архитектура комплексов должна обеспечивать интерактивный режим работы пользователя с воз-



СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ РАБОТЫ

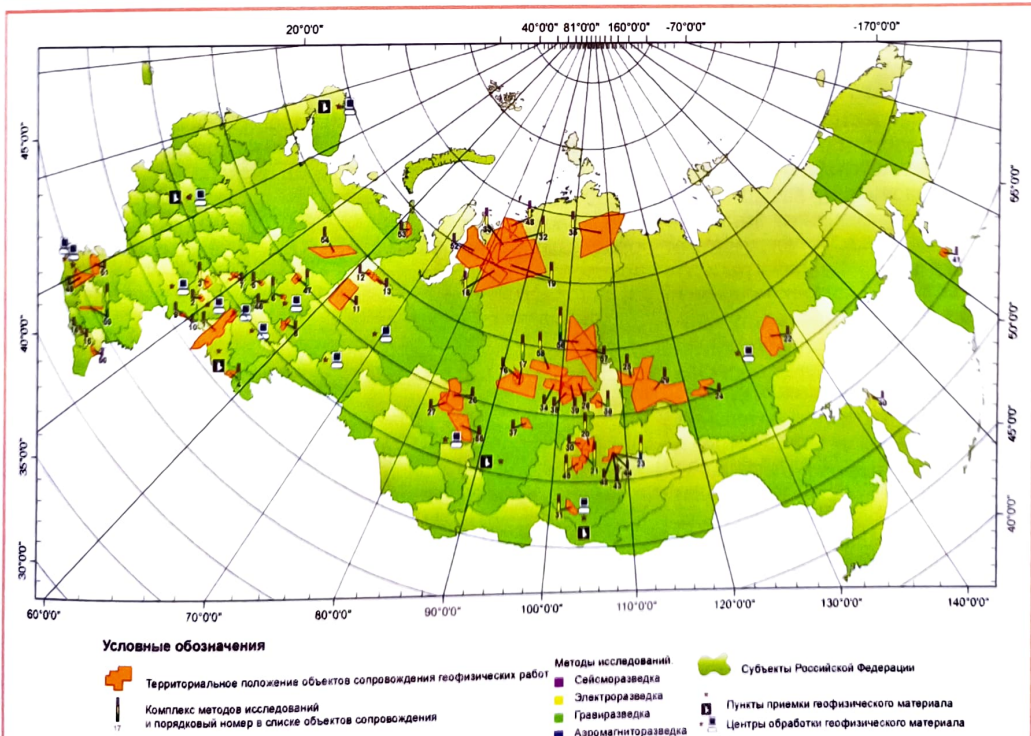


Рис. 3. Схема объектов сопровождения геофизических работ по Государственным контрактам Роснедра в 2008 - 2010гг.

возможностью отображения (просмотра) как отдельных геофизических записей, так и оценок характеристик качества, результатов их статистического анализа;

Работа комплексов должна поддерживаться специальным информационным обеспечением, предусматривающим ввод и хранение априорной информации по каждому из объектов (профилей, фрагментов профилей, площадей) работ, а также данных оценки качества и результатов их статистической обработки;

Состав характеристик и критерии качества, заложенные в процедурах программных комплексов, должны адаптироваться к физико-геологическим условиям объекта работ и требованиям геологического задания. При этом часть характеристик должна отображать качество физических записей как таковых (отсутствие сигнала, уровень шумов, наличие помехи т.п.), а другая часть - особенности записи, связанные с принятой методикой работ. Тогда неудовлетворительные оценки по характеристикам первого раздела указывали бы на необходимость повторной обработки физического наблюдения, а характеристики второго раздела могли бы свидетельствовать о необходимости коррекции системы наблюдений или методики работ в целом.

Применительно к сейсморазведке большая часть этих проблем решена ВНИИгеосистем средствами многоуровневой оценки качества полевых сейсмограмм и результатов их обработки с помощью программ «Quality Control» и «SeisCont».

Основные достоинства программы «Quality Control» - простота освоения, невысокие требования к вычислительным мощностям и квалификации пользователя, возможность потрассной оценки и отображения на экране качества полевых сейсмограмм (с элементами обработки) непосредственно в момент регистрации.

Более сложная (базовая) программа «SeisCont» дополнительно позволяет контролировать практически всю информацию (SPS — файлы, этикетки, вспомогательные каналы, рапорты оператора), сопровождающую регистрацию сейсмограмм; проследить первые вступления, устанавливать, в том числе с использованием гистограммного анализа, пороговые значения атрибутов сейсмической записи при выявлении некондиционных трасс; отображать на экране сейсмограммы совместно со значениями атрибутов и выделением цветом некондиционных трасс (рис. 4), представлять оценки качества любого количества трасс

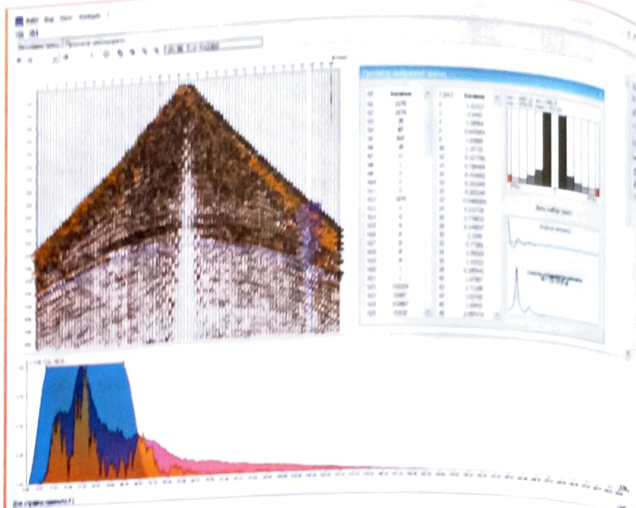


Рис. 4. Экспресс просмотр и анализ сейсмической записи.

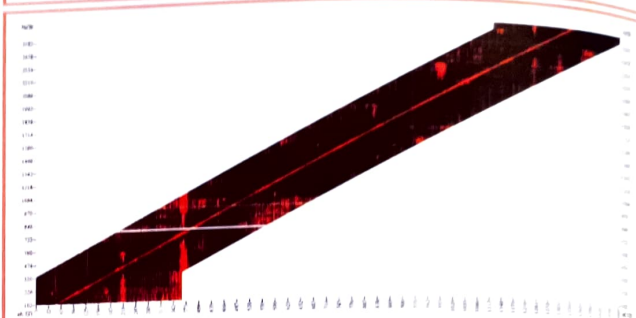


Рис. 5. Потрассная оценка качества отработки сейсмического профиля на плоскости ПВ (пункт возбуждения) – ПП (пункт приема).

в виде таблиц и на экране: на обобщенной плоскости и плоскости пункт возбуждения — пункт приема (рис 5).

Такая форма представления кондиционных и некондиционных трасс позволяет визуально оценивать результаты работ по всему профилю, классифицировать и определять причины снижения качества сейсмограмм, например, из-за плохого возбуждения (если забракованные трассы группируются в зоны, расположенные параллельно оси абсцисс), плохого приема (если забракованные трассы группируются в зоны, расположенные параллельно оси ординат), перегрузки каналов вблизи ПВ (зоны трасс с наклоном к оси

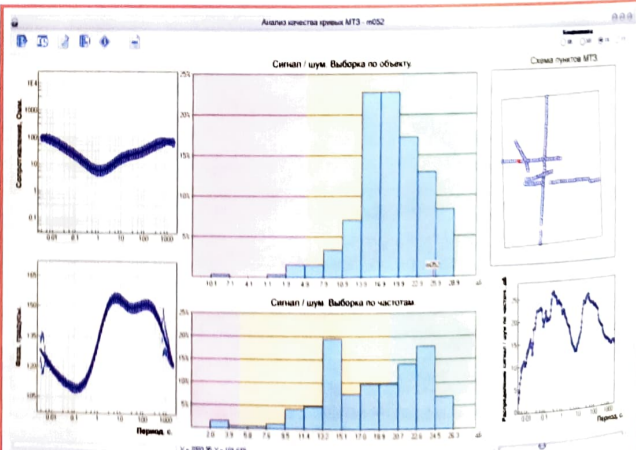


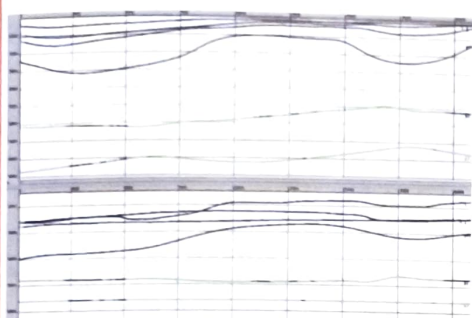
Рис. 6. Система автоматической оценки качества электроразведочных данных EMCONT. Модуль оценки МТЗ.



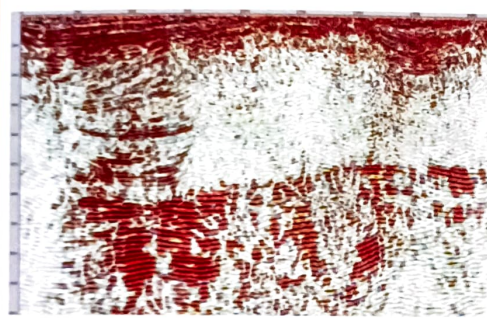
СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ РАБОТЫ



А - временной разрез



Б - скоростная модель



В - глубинный динамический разрез

Рис. 7. Экспертная обработка сейсмических материалов по профилю 308-04-06 А - временной разрез, Б - скоростная модель, В - глубинный динамический разрез.

абсцисс, для систем наблюдения центрального типа — внутри полосы точек приема), шумов на профиле (локальные округлые зоны из забракованных трасс), пропусков ПВ (зоны отсутствия трасс параллельно оси абсцисс) и др.

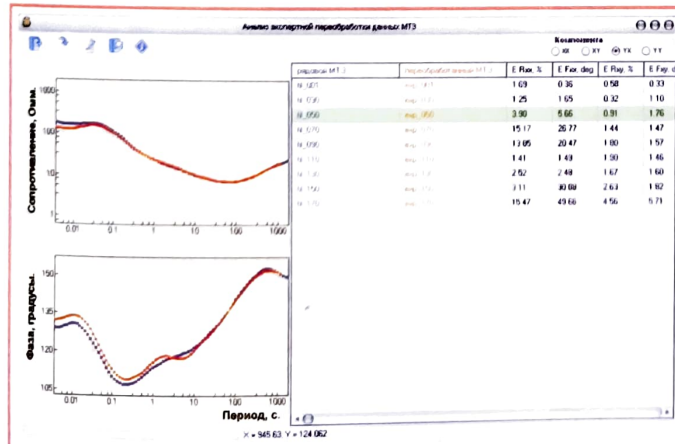


Рис. 8. Система автоматической оценки качества электроразведочных данных EMCONT. Экспертная переобработка данных электроразведки

Программа «SeisCont» содержит также блоки оценки качества сейсмограмм опытных работ, глубинно-скоростных моделей, временных и глубинных динамических разрезов.

В электроразведке качество измерений традиционно оценивается по данным контрольных наблюдений на пункте приема другим оператором, другим прибором, на другой день. Количество контрольных пунктов должно составлять не менее 5% от общего количества наблюдений. Однако такой подход не позволяет оценить весь массив данных, выявить участки и причины снижения качества полевого материала, оценить полноту и пригодность полевых измерений для дальнейшей интерпретации.

Программный комплекс EMCONT предназначен для того, чтобы в автоматическом режиме анализировать результаты измерений методами магнитотеллурического зондирования (МТЗ) и зондирования становлением поля (ЗС), выявить записи низкого качества и оценить полноту и достоверность электроразведочных наблюдений, оценить общее качество работ на объекте. Алгоритмы комплекса программ основаны на принципах разведочного статистического анализа и специфичных для каждого метода асимптотических оценках. К настоящему времени комплекс EMCONT внедрён в приёмку материалов МТЗ, полученных с аппаратурой PHOENIX (рис. 6), и материалов ЗСБ, полученных с аппаратурой SGS-TEM.

Макет программного комплекса «GraviQ» построен в соответствии с требованиями инструкции по гравиразведке. В программе реализуется граф обработки в рейсах, представляя в выходном отчете информацию, характеризующую качество работ как для отдельных пунктов наблюдений, так и для всей съемки в целом. Макет программы GraviQ применяется на этапе оценки качества полевого материала в процессе сопровождения работ, а также при приемке материалов Заказчиком.

Обеспечение системы контроля качества аэромагнитной съемки проводится при помощи утилит, встроенных в программный комплекс «Geosoft oasis montaj», и обеспечивает выполнение проверок на высотное отклонение, на отклонение от траектории полета, разделение линии полета, типовое разделение, суточные вариации и магнитный шум.

Экспертная обработка и моделирование применяется нами для проведения независимой экспертизы процесса и результатов обработки геофизических материалов. Как правило, для этого используются современные программно-технологические продукты отечественной разработки, большей частью отсутствующие у Исполнителя.

Экспертная обработка и моделирование данных сейсморазведки выполняются с использованием программно-технических комплексов «ПРАЙМ» (ООО «Гео-Прайм») «ИНТЕГРАН» (ВНИИгеосистем), WFMM-SU - Wavefield Mathematical Modeling (ВНИИгеосистем, ИПМ им.Келдыша) с использованием таких специфических процедур, как интерактивное построение глубинно-скоростной модели среды, преобразование (подъем/погружение) волновых полей с целью учета негиперболичности годографов отраженных

волн, сопоставление результатов обработки модельных и реальных сейсмограмм, построение глубинных динамических разрезов. Результаты такой обработки по одному из профилей в российской части Прикаспийской впадины представлены на рис. 7.

В электроразведке автоматизированный анализ, математическое моделирование, экспертная обработка и интерпретация позволяют объединить усилия Исполнителя и Супервайзера в направлении оптимизации электроразведочных работ, начиная от полевых измерений вплоть до построения геоэлектрических разрезов и карт.

Экспертная переобработка данных позволяет Супервайзеру оценить на месте качество полевого материала и выбрать оптимальный для каждого объекта граф обработки, исходя из условий наблюдений и кондиционности данных. Процедура экспертной переобработки выполняется программными средствами Супервайзера и, таким образом, осуществляется контроль обрабатывающей системы Исполнителя работ (рис. 8).

Экспертная переинтерпретация данных проводится тогда, когда Супервайзер сомневается в достоверности данных инверсии на каком-либо участке площади (профиля). При этом используется интерпретационный комплекс программ Супервайзера и, таким образом сопоставляется и оценивается эффективность различных интерпретационных методов (рис. 9).

Математическое моделирование позволяет оценить принципиальную возможность метода решить ту или иную геологическую задачу. Особенно важно использовать математические модели в случае применения Исполнителем нестандартных (часто более высокоразрешающих) методов инверсии.

ГИС — проект. В рамках ГИС - проекта для картографического представления объектов изученности (рис. 11) ВНИИгеосистем разработан модуль ввода координат и основных сведений по объектам супервайзерского сопровождения. Модуль позволяет ввести координаты объекта (контура или профиля), название проекта, сведения о географической привязке, площади и годе проведения работ (рис. 3) и визуализировать набор введенных объектов как тематический слой ГИС — проекта. Для разработки программного-технического обеспечения и пользовательского интерфейса использованы компоненты ArcView GIS: макроязык Avenue и среда разработки интерфейсных приложений Dialog Designer.

Выводы. Результаты супервайзерского сопровождения в известной мере стали побудительной причиной появления других разработок, направленных на повышение качества геолого-геофизической продукции, создаваемой по Государственным контрактам Роснедр для целей геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России. В их числе: «Свод правил производства сейсморазведочных работ, выполняемых за счет средств

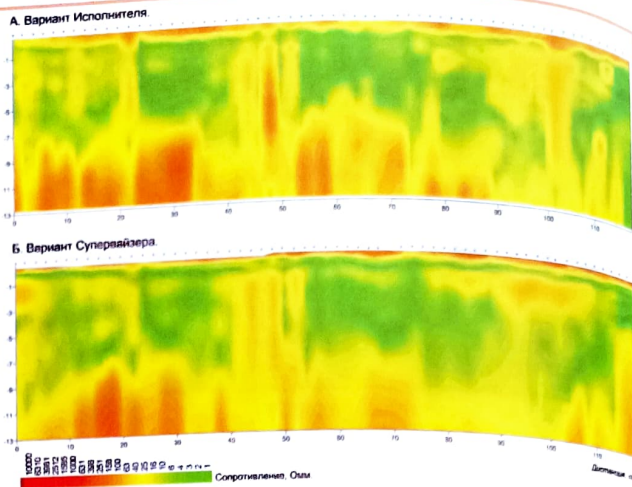


Рис. 9. Экспертная интерпретация участка профиля Тура – скв. Чириндинская.

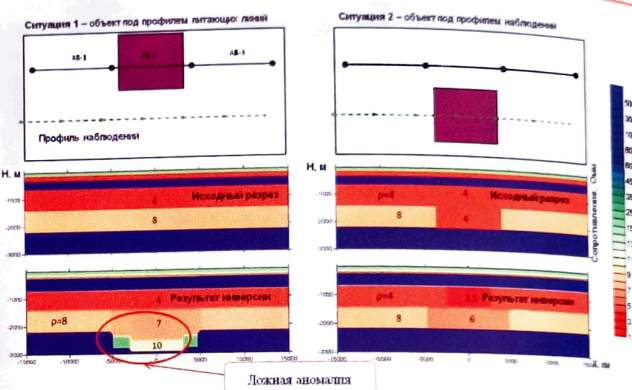


Рис. 10. Математическое моделирование методики высокоразрешающей электроразведки (ВРЭ) на Ишеевском участке, Ульяновская область.

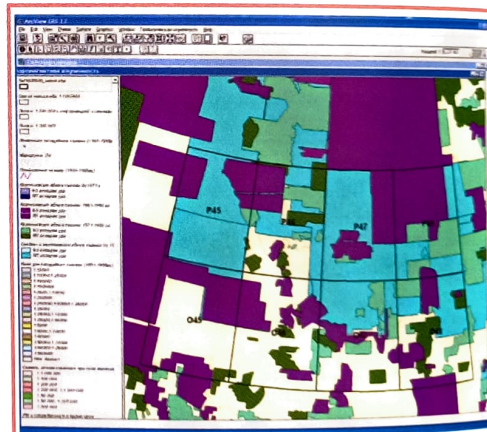


Рис. 11. Интернет-ГИС.

федерального бюджета»; «Разработка и опробование современной отечественной пространственно-распределенной бескабельной телеметрической системы Scout»; «Создание средств физического и трехмерного математического моделирования сейсмических полей на основе решения полного волнового уравнения (для сложных сред)»; «Использование Интернет- ГИС технологий при обосновании конкурсных объектов Государственного заказа Роснедра».

Супервайзинг по ОТ, ПБ и ООС в сейсмике: новые подходы, востребованные индустрией. Опыт компании ТНК-ВР.

Жуков А.А., директор департамента сейсмических технологий ОАО «ТНК-ВР Менеджмент»
Литвиненко Д.А., менеджер департамента сейсмических технологий ОАО «ТНК-ВР Менеджмент», г. Москва
Фалеева Е.В., менеджер департамента ОТ, ПБ и ООС ОАО «ТНК-ВР Менеджмент»
Гриценко Л.Р., ведущий специалист ООО «ТБинформ», группа компаний ТНК-ВР

ТНК-ВР является одной из ведущих нефтяных компаний России и входит в десятку крупнейших частных нефтяных компаний в мире. Основной стратегической целью компании в среднесрочной и долгосрочной перспективе является достижение абсолютного лидерства среди нефтяных компаний. Конечно, это невозможно без решения важных задач, которые поставила перед собой Компания: лидерство, результативность, добро- безопасность и безопасность.

В область интересов Компании входит спектр работ, начиная с региональных исследований и заканчивая реализацией конечного продукта. Особое внимание в ТНК-ВР уделяется соблюдению норм охраны труда, промышленной безопасности и охраны окружающей среды (ОТ, ПБ и ООС) на всех этапах производства, в том числе при проведении сейсморазведочных работ, которые сопряжены с повышенным уровнем риска: мобилизация людей и техники на удаленные участки, лесорубочные работы на этапе подготовки сейсмических профилей, буровзрывные работы и т.д.

Начиная с 2003 года компания ТНК-ВР проводит мероприятия, направленные на снижение травматизма во всех областях производственной деятельности, с каждым годом ужесточая контроль за соблюдением требований ОТ, ПБ и ООС.

С целью непрерывного контроля соблюдения требований ОТ, ПБ и ООС при выполнении работ в период полевых сезонов, в сейсморазведочных партиях постоянно находится представитель супервайзинговой службы.

На Рисунке 1 представлена структура ТНК-ВР по управлению ОТ, ПБ и ООС в Сейсморазведке. Супервайзер по ОТ, ПБ и ООС является одним из основных элементов всей системы управления безопасностью на производстве.

Основными требованиями к привлекаемому супервайзеру являются:

- 1 Знание производственного процесса;
- 2 Наличие производственного опыта;
- 3 Соблюдение корпоративных стандартов безопасности Компании, требований законодательных и иных нормативных актов, регламентирующих осуществляемые виды деятельности, требований Ростехнадзора и правил безопасности Международной ассоциации геофизических подрядчиков (IAGC);

Основными задачами супервайзера являются:

- 1 Контроль соблюдения требований ОТ, ПБ и ООС сотрудниками подрядных организаций, выполняющих сейсморазведочные работы;
- 2 Выявление несоответствий/замечаний и оповещение об этом представителей Компании ТНК-ВР, с целью своевременного принятия решений и недопущения несчастных случаев и других происшествий.

В общей системе управления безопасностью в Сейсморазведке (Рисунок 2) супервайзер по ОТ, ПБ и ООС занимает роль проверяющего – аудитора (этап 4 – Проверка и корректирующее действие), предоставляя выявленные замечания или нарушения в виде отчетов с предполагаемыми корректирующими действиями. План Коррек-

тирующих Мероприятий (ПКМ) разрабатывается супервайзером совместно с руководством партии и предоставляется для согласования в дочернее общество ТНК-ВР Руководителю Проекта и специалисту по ОТ, ПБ и ООС.

Одним из рычагов управления безопасностью в сейсморазведочных партиях в ТНК-ВР является практика проведения перед началом полевого сезона предстартовых аудитов готовности сейсморазведочных партий к производству работ. Создается специальная комиссия, в состав которой входят специалисты различного профиля (специалисты по ОТ и ПБ, по пожарной безопасности, транспорту, энергетике, экологии и др.). Супервайзер по ОТ, ПБ и ООС, как правило, прибывает на проект совместно с комиссией. Аудит проводится согласно протоколам контроля: «база партии», «топогеодезические работы», «лесорубочные работы», «промышленная безопасность», «охрана труда и средства индивидуальной защиты», «организация медицинской помощи», «транспорт», «пожарная безопасность», «опасные виды работ», «буровзрывные работы», «охрана окружающей среды». Супервайзер принимает непосредственное участие в составе комиссии, а после аудита остается на проекте. Все несоответствия, выявленные в ходе аудита, отражаются в отчете. Задача супервайзера – контролировать статус их выполнения и на еженедельной основе отчитываться перед Заказчиком по специально разработанной форме отчета.



Рис. 1. Структура по управлению ОТ, ПБ и ООС в Сейсморазведке. Сокращения: ЦДО - Целевое Дочернее Общество, КЦ – Корпоративный Центр



Рис. 2. Система управления ОТ, ПБ и ООС в Сейсморазведке.

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ



Рис.3. Супервайзер по ОТ ТБ и ООС проводит аудит буровзрывного отряда.

Супервайзер на протяжении всего времени пребывания в сейсмпартии учит персонал работать безопасно, контролирует соблюдение требований безопасности, определяет слабые и сильные стороны подрядчика по сейсморазведке в области ОТ, ПБ и ООС и предлагает рекомендации по устранению недочетов.

Основная задача супервайзера ОТ, ПБ и ООС - выявлять несоответствия/замечания и сигнализировать об этом, с целью своевременного принятия решения и недопущения травмирования персонала и других происшествий. Супервайзер ОТ, ПБ и ООС на проектах ТНК-ВР в большей степени является консультантом, обладающим необходимыми знаниями и опытом, оказывающим поддержку в составлении документации и помогающим решать какие-либо спорные вопросы.

В процессе деятельности руководители часто сталкиваются с конфликтом производства и безопасности и, чтобы выполнить поставленные задачи, менеджер часто ставит в приоритет производство над безопасностью. Нередко ценой таких решений бывает жизнь и здоровье персонала. Присутствие супервайзера, как независимого специалиста, в сейсморазведочных партиях на проектах позволяет минимизировать риск возникновения подобных precedентов.

Также супервайзер непосредственно работает с инженером по ОТ, ПБ и ООС, медицинским работником, начальником партии и другим персоналом в сейсморазведочной партии. Они совместно планируют и организуют тренинги и практические обучения на различные темы, описанные в утвержденных графиках учебно-тренировочных занятий. Супервайзер проводит своевременные аудиты и инспекции топогеодезиче-

ских, буровзрывных, сейсмических отрядов по специально разработанным чек-листам. Также проверке подвергаются жилые вагон-дома по различным областям контроля: соблюдение работниками санитарно-бытовых условий проживания, выполнение требований противопожарной и электробезопасности. Кроме того проводится аудит стоянок техники, складов временного хранения ГСМ, столовых, продуктовых складов и пр.

Супервайзер контролирует допуск персонала к самостоятельной работе по окончании установленного срока стажировки в соответствии с профессией. При выявлении в ходе последующих проверок несоответствий (слабые знания персоналом инструкций, технологических процессов и т.д.), он вправе приостановить работу как отряда полностью, так и бригады, в которой было выявлено нарушение/несоответствие.

Одним из наиболее травмоопасных видов производственной деятельности при выполнении полевых сейсмических исследований являются лесорубочные работы при подготовке сейсмических профилей. Степень тяжести травм, полученных при валке леса, является наиболее высокой, что в свою очередь может привести к смертельным случаям. ТНК-ВР осознает критичность контроля данного этапа работы, в связи с чем в 2010 г. было принято решение по выделению отдельного супервайзера по лесорубочным работам, в обязанности которого выходит постоянная работа с бригадами вальщиков, топографами, оценка рисков, контроль выполнения корректирующих мероприятий, мониторинг деятельности. Дополнительно ТНК-ВР совместно с исполнителями полевых работ активно тестирует различные новые технологии и методические подходы применения механизированных средств валки леса, которые могут значительно снизить уровень травматизма в будущем.

По итогам работы в полевом сезоне супервайзеры по контролю ОТ, ПБ и ООС, задействованные в сейсмических проектах, оцениваются по ряду критериев:

- Работа в поле: выезды на участки работ, полнота охвата рабочих мест, участие в проведении оценки рисков на рабочих местах, выявление замечаний/несоответствий и контроль выполнения рекомендаций по их устранению;
- Контроль состояния ОТ, ПБ и ООС в базовом лагере сейсморазведочной партии: составление и соблюдение план-графиков обходов участков работ, вагон-домов; участие в проведении предстартового аудита готовности сейсморазведочной партии, выявление замечаний/несоответствий и контроль выпол-



а)



б)

Рис.4. Применение механизированной техники для валки леса (мульчер) на Верхнеконском месторождении ТНК-ВР.
а) Мульчер на сейсмопрофиле; б) Результат подготовки сейсмопрофиля мульчером



СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ РАБОТЫ

нения рекомендаций по их устранению;

- Отчетность: своевременность и полнота предоставляемых отчетов (ежедневных, еженедельных, ежемесячных, итоговых по окончании работ);
- Лидерство в области ОТ, ПБ и ООС: личное соблюдение/демонстрация требований ОТ, ПБ и ООС, проведение тренингов и учений, участие в кампаниях по безопасности, способность принимать самостоятельные решения;
- Коммуникабельность: эффективное взаимодействие с персоналом сейсморазведочной партии, руководителем проекта;
- Работа с компьютером: знание программного обеспечения.

По результатам оценки критериев создается "интегральная оценка" работы супервайзера, на основе которой делаются выводы о целесообразности его дальнейшего привлечения на проекты ТНК-ВР. Рисунок 5.

С целью повышения качества предоставляемых услуг, работа супервайзера постоянно анализируется и совершенствуется согласно циклу Деминга (Рисунок 6):

План или цель: улучшение показателей ОТ, ПБ и ООС в сейсморазведке, снижение уровня травматизма;

Действие: выполнение контроля состояния ОТ, ПБ и ООС в сейсмопартии выделенным супервайзером(ми);

Проверка или оценка: оценка работы супервайзера на проекте, оценка показателей по ОТ, ПБ и ООС сейсморазведочного проекта; определение пробелов в работе;

Корректировка и совершенствование: разработка дополнительных мероприятий по улучшению работы супервайзинговой службы и, как результат, повышение уровня безопасности и условий труда в сейсморазведочных партиях.

В результате комплекса мероприятий ТНК-ВР в области ОТ, ПБ и ООС, реализованных совместно с исполнителями полевых работ и службой супервайзинга, за последние 5 лет наблюдений отмечается падение общего уровня травматизма (Рисунок 7).

Компания не останавливается на достигнутом, и продолжает совершенствоваться в этом направлении. В 2011 году планами предусмотрено:

- Проведение и реализация пилотного проекта «Идеальный супервайзер», целью которого является совершенствование контроля за безопасностью в сейсморазведке, а основной задачей – разработка регламента распределения функциональных обязанностей супервайзера по ОТ, ПБ и ООС на сейсморазведочных проектах;
- Проведение сравнительного анализа эффективности работы супервайзинга на сейсмических проектах в России и за рубежом с целью обмена опытом, разработки новых требований и совершенствования метода контроля их выполнения;

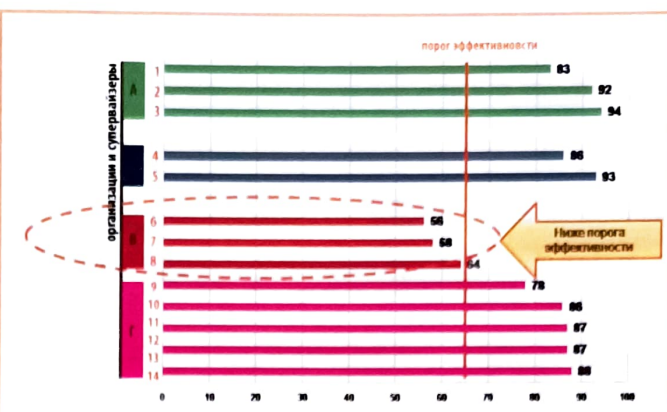


Рис.5. Результаты оценки супервайзеров по итогам работы

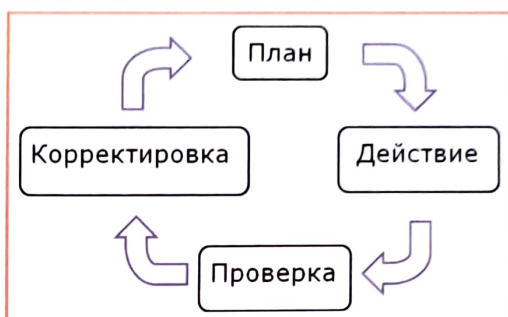


Рис.6. Цикл непрерывного улучшения



Рис.7. Статистика травматизма в сейсморазведочных партиях на объектах ТНК-ВР.

- Формирование единого реестра супервайзеров ОТ, ПБ и ООС с целью определения лучших специалистов в данной области для дальнейшего привлечения на сейсмических проектах ТНК-ВР;
 - Совместно с подрядчиками, выполняющими полевые работы, продолжить тестирование технологии механизированной валки леса (мульчеры, харвестеры) для качественной подготовки сейсмических профилей и снижения травматизма при лесорубочных работах;
 - Разработка проекта системы поощрений контрагентов за соблюдения требований по ОТ, ПБ и ООС на сейсморазведочных проектах ТНК-ВР
- Эти и другие мероприятия направлены для решения ряда задач, стоящих перед компанией ТНК-ВР для сохранения жизни и здоровья как сотрудников Компании, так и сотрудников подрядных организаций, оказывающих услуги по сейсморазведке.

Супервайзерство в методе ВСП: пределы возможного

Шехтман Г.А., ВНИИГеофизика, г. Москва

Введение

Метод вертикального сейсмического профилирования (ВСП) сейчас используется во всем мире. Отличительной особенностью метода является тот факт, что исследования в нем проводятся исключительно трехкомпонентными зондами, причем с использованием различных типов волн. В отличие от наземной сейсморазведки, где трехкомпонентная регистрация сейсмических колебаний вовсе не означает, что используют не только продольные волны, метод ВСП уже давно превратился в *многоволновой* метод, в котором наряду с продольными волнами используют обменные и поперечные волны. Однако на пути к полноценному использованию тех возможностей, которые сулит неискаженная регистрация волн внутри среды, стоит низкое качество полевых записей, которое, к сожалению, всё больше становится правилом, чем исключением [4]. Поэтому супервайзерство в методе ВСП потенциально может стать долгожданной альтернативой той *независимой экспертизе*, о создании которой пока ведутся лишь разговоры.

Справедливо считают, что компетентность супервайзеров и техруков сейсмических партий должна быть сопоставима между собой. Если в проведении работ оба они принимают участие, помогая друг другу, то уместна поговорка о том, что «одна голова - хорошо, а две - лучше». Существенно, однако, что работа супервайзера оплачивается заказчиком (напрямую или через сервисное предприятие), а работа техрука - исполнителем работ. Поэтому в далекой от идиллии сегодняшней реальности высокое качество материалов может быть достигнуто лишь при условии реальной независимости супервайзеров от исполнителей. Конечно, при условии подлинного стремления к высокому качеству результатов всех тех, кто задействован в подготовке и проведении работ ВСП, - и супервайзера, на которого возложена функция контроля за проведением работ, и сотрудников исполнителя.

Мне пришлось много лет проработать в качестве техрука, а в нынешнее рыночное время - супервайзером и консультантом на различных этапах работ ВСП, начиная с подготовительного этапа. Накопившийся опыт позволяет дать полезные советы тем, кто заинтересован в получении качественных записей в поле и надежных выводов при обработке и интерпретации. Речь пойдет, в основном, о *подводных камнях*, о существовании которых могут даже и не подозревать довольно грамотные геофизики, не сталкивавшиеся с ними в своей практике. В целях удобства я расположил идущий далее текст по разделам, соответствующим этапам проведения работ.

Участие в тендерах и подготовка к проведению работ

Конкуренция, появившаяся в условиях рыночной экономики, обострилась настолько, что в 2004 году потребовалось решением правления ЕАГО ввести «Этический кодекс геофизиков России». Однако общение с коллегами приводит к выводу о том, что практика проводившихся до настоящего времени тендеров кодексу этому явно не соответствует. Высокая квалификация потенциальных подрядчиков во внимание подчас вообще не принимается. В геологические же задания нередко нарочито вписываются такие

явно невыполнимые позиции, которые способны либо отпугнуть грамотных, но достаточно ответственных, профессионалов, либо подтолкнуть иных полуголодных людей, давно не имевших контрактов, к выполнению явно авантюрных для них проектов. О такой же мерзости, как «откаты», вообще говорить не хочется, но не знать о ней могут только те, кто знает этого не желает. Имеет место и такой изощренный способ получения мзды чиновниками, как перенаправление потоков контрактов от заказчика тем подрядчикам, которые этих чиновников прикармливают. Это еще раз приводит к мысли о необходимости независимой экспертизы результатов тендеров, причем в интересах тех же заказчиков.

Профессионально составленные геологические задания должны опираться на необходимость выполнения актуальных для заказчика задач при помощи современных технологий, которыми уверенно владеет подрядчик. Применение в производственных работах неустоявшихся пока технологий, не опирающихся на прозрачный физический смысл, явно нецелесообразно из-за невысокой надежности результатов, некорректность получения которых нередко прикрывается всякими «ноу-хау».

На этапе проведения тендеров будущий супервайзер предстоящих работ должен основательно вникнуть в геологическое задание, оценить выполнимость поставленных задач непременно с учетом конструкции скважин, в которых намечаются работы ВСП. Он должен отчетливо представлять возможности каждого из потенциальных подрядчиков, прежде всего - применяемую им скважинную сейсмическую аппаратуру, источники колебаний и математическое обеспечение, используемое для обработки и интерпретации данных ВСП. Остановимся подробнее на некоторых из этих вопросов.

Конструкция скважин. Идеальной для работ ВСП является обсаженная скважина, качественно зацементированная от забоя до устья. Цемент в ее затрубном пространстве должен заполнять все каверны и обеспечивать надежный жесткий контакт обсадки с окружающими породами. Отсутствие цемента на значительных интервалах глубин приводит к появлению на записях трубных волн, вибрационных трубных волн, гидроволн и других помех [1]. В таких скважинах в наибольшей степени страдает качество записей, регистрируемых горизонтальными компонентами скважинного прибора. В старых обсаженных скважинах, даже незацементированных, качество контакта обсадки с окружающей средой может быть хорошим благодаря тому, что пластичные окружающие породы, заполняя пустоты вокруг скважины, начинают контактировать с обсадкой. В необсаженных скважинах надежный контакт приборов зонда ВСП обеспечивается лишь в крепких породах. В терригенных же породах наличие каверн и некруговое сечение ствола приводят к неустойчивому контакту зонда с породами, изменяющемуся от точки к точке.

Плохая для проведения ВСП конструкция скважины ставит под вопрос выполнение ряда задач, являющихся стандартными для метода. Прежде всего - это методические и геологические задачи, опирающиеся на использование обменных и поперечных волн: определение пластовых скоростей распространения поперечных волн, изучение структуры околоскважинного

пространства и др. Это требует серьезной корректировки геологического задания, составленного ранее без учета конструкции скважины. Однако и в «усеченном» варианте проведение ВСП в таких скважинах может быть крайне полезным для наземной сейсморазведки, обеспечивая ее важной информацией на продольных волнах. Приведу пример.

На рис. 1 приведена сейсмограмма ВСП, полученная с шагом 10 м по стволу скважины при возбуждении колебаний с ближнего пункта возбуждения (ПВ). Скважина имела сложную конструкцию: кондуктор опущен на глубину 1000 м, первая и вторая технические колонны – до глубин 2700 м и 4700 м, соответственно. Цемент в затрубном пространстве этих колонн поднят до устья, однако данных о качестве этого цемента не имеется. Эксплуатационная колонна опущена до глубины 6000 м и цемент в ней поднят лишь до глубины 3800 м. Можно видеть, что отсутствие контакта эксплуатационной колонны со стенками скважины на значительных интервалах глубин привело к формированию сильных трубных и вибрационных трубных волн, а также мощной гидроволны.

Вынос ПВ на расстояние 500 м привел к полному ослаблению гидроволн, но вибрационные волны и трубные волны, искажающие первые вступления прямой волны, остались, однако их относительная интенсивность уменьшилась настолько, что стало возможным проследить отраженные волны в пределах почти всего вертикального профиля (рис. 2). На горизонтальных компонентах записи оказались кондиционными лишь в нижней (зацементированной) части скважины, где удалось выделить обменные отраженные волны. Однако интенсивность их при столь небольшом отношении вынос/глубина оказалась небольшой. На продольных волнах результаты обработки в этой скважине оказались вполне кондиционными.

Конструкция скважинной аппаратуры. Обеспечение силы прижима, на порядок превышающей вес снаряда, достигаемое путем использования достаточно жестких управляемых прижимных устройств, позволяет в современной скважинной аппаратуре добиться практически неискаженного приема упругих колебаний, направление смещения которых близко к направлению оси скважинного снаряда. Однако в случае значительных углов подхода волн к скважинному прибору, а также при регистрации обменных и поперечных волн условия их неискаженного приема существенно ужесточаются. Даже когда прижимное усилие на контакте снаряда со стенкой скважины достаточно велико для предотвращения паразитных продольных колебаний снаряда, а также для ослабления натяжения кабеля, на котором висит зонд, остается опасность возникновения паразитных вращательных колебаний снаряда. В более общем случае, когда наблюдения проводят в необсаженной скважине с шероховатыми стенками, а прижим снаряда осуществляется не по всей его длине, могут иметь место колебания и относительно других осей вращения, произвольно ориентированных в пространстве в различных точках приема.

Искажения сигналов, регистрируемых горизонтальными сейсмоприемниками зонда, происходят из-за возникновения вращательных колебаний относительно линии касания корпуса прибора со стенкой скважины. Паразитные вращательные колебания прибора удается устранить посредством жесткого крепления к прибору двух опор, позволяющих достичь контакта со стенкой скважины в трех рассредоточенных по окружности точках (конец прижимного рычага и еще две точки на ребрах опор). Такого же результата достигают путем крепления к корпусу прибора жесткой пластины со стороны, противоположной прижимному рычагу, либо посредством башмаков специальной формы, прикрепленных к прибору.

К сожалению, качественные записи, кондиционные с точки зрения требований многоволновой скважинной сейсморазведки, продолжают оставаться скорее исключением, чем правилом, так как редко кто из исполнителей, берущихся за выполнение полевых работ, предпринимает действительные усилия для применения упомянутых простых приемов избавления от помех. Тем самым возможности последующей обработки, нацеленной на изучение тонких кинематических и динамических характеристик сейсмических волн, остаются, как правило, нереализованными. Существующие же способы количественной оценки качества записей ВСП, как показано ниже, крайне несовершенны. Поэтому первым же вопросом к потенциальным исполнителям работ следует считать вопрос о том, насколько они в состоянии обеспечить высокое качество записей в скважинах с хорошей конструкцией.

Что касается методики проведения ВСП в конкретной скважине, то она определяется в зависимости от поставленных задач и средств, выделенных на обработку скважины. Вопрос о выборе модификаций метода [2, 3] решают скорее при помощи консультантов, а не супервайзеров, хотя в функции последних и входит своевременная коррекция выбранной методики в процессе проведения работ.

Работы на скважине

В поле зрения супервайзера при обработке скважины методом ВСП должны находиться

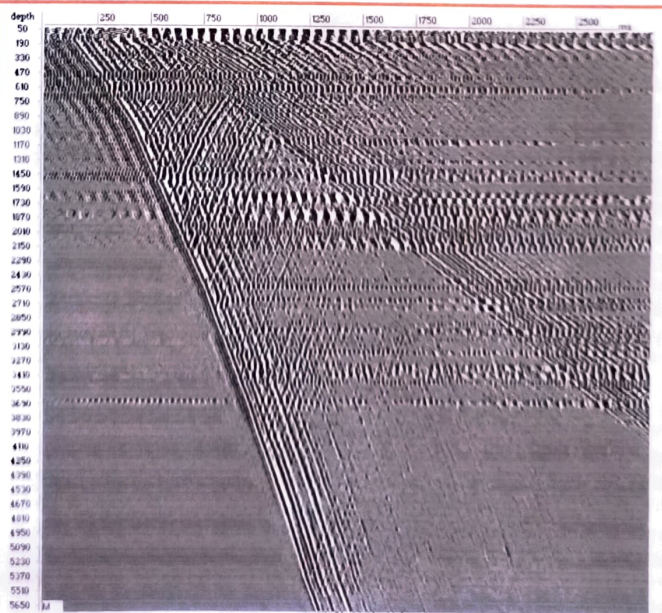


Рис. 1. Сейсмограмма ВСП, зарегистрированная с ближнего ПВ на z-компоненте в скважине со сложной конструкцией.

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ РАБОТЫ

параметры систем наблюдений с точки зрения их формального соответствия проекту, а также своевременная оценка качества получаемых записей. За формальным соответствием методики и техники работ пунктам проекта могут быть скрываться прямо-таки чудовищные отклонения от параметров наблюдений, фиксируемых в рапортах операторов. Так что, не следует стесняться отслеживать потенциально слабые места непосредственно во время проведения наблюдений. Приведу поучительные примеры из своей практики.

Глубина зонда: можно ли ей доверять?

Наивно полагать, что глубину скважинных приборов при проведении ВСП измеряют практически точно. Несоответствие показаний глубин на счетчике подлинной глубине, обусловленное растяжением кабеля под своим весом, невелико (порядка метра). Однако нередко имеет место неконтролируемое проскальзывание кабеля при его движении через блок-баланс, в результате чего показание счетчика в начале спуска зонда в скважину и при подъеме могут различаться, причем различаться существенно. Эту невязку в глубинах, достигавшую обычно нескольких метров, мне удавалось видеть неоднократно в тех работах, в которых я принимал непосредственное участие, однако ни в одном из рапортов операторов я подобной информации никогда не встречал.

Опишу один случай, когда эта невязка оказалась прямо-таки чудовищной, и работы пришлось частично повторить. Работы проводились поздней осенью 30 лет назад международной компанией на плавучей платформе, расположенной на шельфе Балтийского моря. Отряд ВСП, в котором я выполнял функции техрука, сразу же начал работу, как только появилось соответствующее окно. Существенно, что по плану в этом окне намечалась прострелка скважины перфораторщиками, но они оказались к работе не готовы. Неприятности сразу же случились с глубиной зонда. Максимальная глубина, на которую пошел зонд, оказалась на 130 м меньше ожидаемой глубины, но мы начали работать. «Чудеса» появились, когда после завершения работы мы ожидали появления зонда из скважины, а он всё не показывался. Расположенные в каротажном подъемнике счетчики глубин (их было сразу два) стали дружно показывать отрицательные глубины, и когда верхний прибор зонда оказался на устье скважины, счетчики показали величину «-130 м». Причина такого казуса была в том, что ролик, по шкиву которого двигался кабель на пути в скважину, был заполнен летней смазкой, и она замерзла. Поэтому первые 130 м кабель просто скользил по шкиву, не вращая его, а затем смазка разогрелась, шкив начал крутиться, и счетчики начали отсчет глубин. Лебедчик (подъемник обслуживала бригада из Германии) при спуске зонда, как оказалось, смотрел на устье скважины, не обращая внимания на счетчики. Можно себе представить, на какой глубине была бы проведена намеченная и не состоявшаяся перфорация!

Точны ли координаты источников колебаний? Координаты источников, как и приемников, при обработке данных считают практически точными и из этого исходят при решении обратных кинематических задач. Если на самом деле это не так, то определяемые параметры могут принимать нереальные значения. С грубыми ошибками в определении координат ПВ мне приходилось сталкиваться в то время, когда расстояния промеряли шнурами и мерными лента-

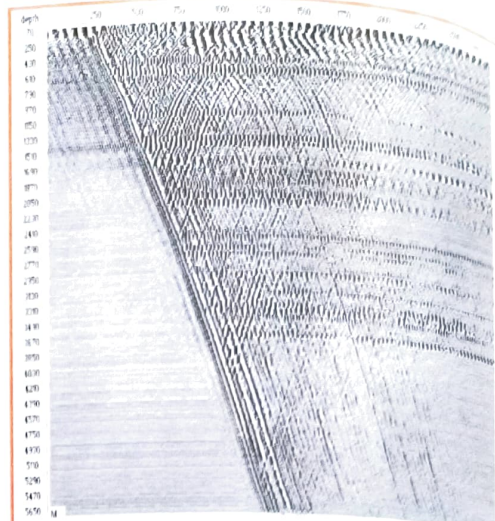


Рис. 2. Сейсмограмма ВСП, зарегистрированная с удаленного ПВ (500 м) на z-компоненте в скважине со сложной конструкцией.

ми, а также сравнительно недавно, когда для этой цели использовали спутниковую связь. Так что, всё бывает, и лучше своевременно провести контрольные замеры координат ПВ, чем на этапе обработки вынужденно определять эти координаты путем решения обратной задачи. А что же еще останется делать?..

В описанных выше работах при морском ВСП с намеченными координатами ПВ так же были недоразумения. Проявились они в том, что при проведении уровня ВСП судно с источником колебаний перемещалось не по прямолинейному профилю, а по кривой линии, что сразу же было замечено с палубы плавучей платформы. Эту часть работ также пришлось повторить.

Контроль качества записей. Эту задачу супервайзеры, находясь в поле, считают едва ли не главной своей задачей. А вот насколько корректно они решают эту задачу – еще вопрос. С записями вертикальных компонент зонда ВСП проблем обычно не возникает. По вертикальным компонентам уже на скважине формируют многоканальную сейсмограмму, по которой можно достаточно уверенно судить о качестве получаемого материала. Сложнее обстоит дело с записями горизонтальных компонент зонда из-за того, что вступления волн на этих записях меняют и свою полярность, и интенсивность, поэтому проследить регулярные волны можно лишь после ориентирования записей по первой волне, однако на скважине этого обычно не делают. Если в зонде реализован аппаратный способ ориентирования горизонтальных компонент путем, например, применения гироскопических датчиков, то задача оценки качества существенно упрощается. Чаще всего оценку качества записей горизонтальных компонент проводят, к сожалению, лишь после завершения полевых работ. И если записи эти некондиционны из-за плохого контакта зонда со средой, то остается лишь их забраковать и пересмотреть задачи, предусмотренные геологическим заданием, в сторону их сокращения.

Однако даже на начальном этапе обработки, когда проводится количественная оценка качества записей, оформляемая затем актом приемки материала, возникают большие проблемы из-за некорректности выполняемой оценки. Опишу методику автоматической оценки качества материалов ВСП, используемую в одной из очень известных зарубежных фирм, работающей

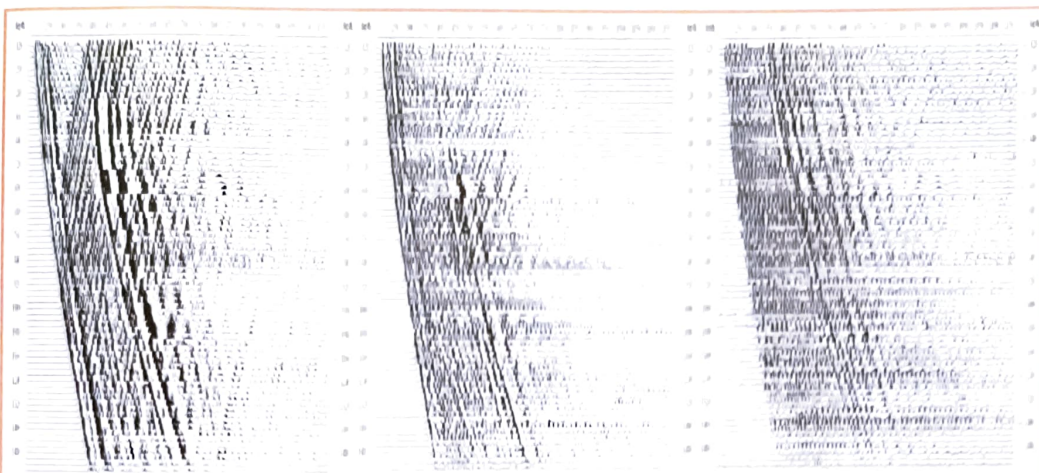


Рис. 3. Сейсмограмма ВСП на z-компоненте (слева), x-компоненте (в центре) и y-компоненте (справа). На горизонтальных компонентах сразу после первых вступлений наблюдаются сильные квазисинусоидальные помехи, вызванные паразитными враждательными колебаниями скважинных приборов.

в России. Методика эта опирается на сопоставление интенсивности записи в скользящем окне до первых вступлений и после них. При этом молчаливо исходят из того, что если на записях присутствуют помехи (шумы), то в чистом виде их можно зарегистрировать именно перед вступлениями прямой волны. Это, к сожалению, не совсем так. Если, к примеру, речь идет о промышленных электрических помехах, то их действительно можно не только увидеть в чистом виде до первых вступлений, но и уверенно вычистить их из записей, определив их параметры (амплитуду, частоту и фазу). Однако более грозные помехи, обусловленные паразитными колебаниями скважинного прибора, начинаются сразу же после прихода прямой волны. И эти помехи, наиболее опасные на записях горизонтальных компонент, при таком подходе к оценке отношения помех/сигнал можно ошибочно принять за полезный сигнал, хотя по виду они все же существенно отличаются от импульсов полезных волн тем, что имеют квазисинусоидальный характер. Пример сейсмограмм ВСП с такими помехами представлен на рис. 3. Видно, что на z-компоненте квазисинусоидальные помехи почти отсутствуют в то время, как на горизонтальных компонентах они видны почти на каждой глубине. Примечательно, что в акте приемки материалов качества всех этих записей было по упомянутой методике оценено как «отличное».

Таким образом, на сегодняшний день наиболее слабым звеном при оценке качества записей ВСП, особенно записей на горизонтальных компонентах скважинных приборов, является количественная оценка. С точки зрения качественной оценки записей больших проблем не видно. Ясно, что если на горизонтальных компонентах видны такие помехи, как на рис. 3, то записи эти надо рассматривать как сплошной брак, а соответствующую скважинную аппаратуру для целей многоволновой скважинной сейморазведки больше не использовать.

Этап обработки и интерпретации

Этап обработки для супервайзера начинается с оценки качества полученного в поле материала с точки зрения задач, предусмотренных геологическим заданием. Если супервайзер не участвовал в полевых работах, а оценка качества записей проводилась так, как описано выше, то акт приемки полевых материалов может мало чего значить. Поэтому следует объективно оценить пределы возможного, чтобы не ожидать от обра-

ботчиков и их математического обеспечения больше того, на что они способны.

Большая часть задач, решаемых при обработке данных ВСП, стандартна. Вопрос, однако, в том, насколько корректно эти задачи решаются. Рассмотрим для примера рутинную задачу определения сейсмических скоростей. Несколько десятилетий сейсмические скорости определяли по вертикальным годографам путем приведения их к вертикали. При этом для учета влияния преломления луча разрабатывали хитроумные подходы, однако требуемой точности достичь таким путем долго не удавалось. Трудности усугублялись еще и тем, что в вертикальных годографах могли содержаться статические сдвиги различной природы, определить которые старыми способами не удавалось, и эти неучтенные сдвиги существенно искажали значения определяемых скоростей. Применение методов оптимизации для решения обратных кинематических задач ВСП позволило сделать качественный скачок в определении параметров околоскважинного пространства, а также в определении статических сдвигов в годографах. Однако и в настоящее время сейсмические скорости нередко определяют по старинке, путем приведения годографов к вертикали. Модели скоростей, не вполне точно определенные на начальном этапе обработки, используют затем для миграции записей, получая тем самым искаженные изображения околоскважинного пространства. Поэтому непредвзятое отношение супервайзера к процессу обработки, опирающееся на знание потенциально слабых мест в графе обработки, может предотвратить рождение неправомерных «открытий» на этапе интерпретации, часто объясняемых тем, что интерпретаторы слабо знакомы не только с процессом получения материалов в поле, но и с методикой обработки.

Примером, приведенным на рис. 4, иллюстрируется расшифровка на этапе интерпретации абсурдного результата, полученного при обработке. Можно видеть, что восходящие волны, распространяющиеся по обсадной незацементированной трубе, могут на разрезах сформировать ложные «наклонные границы», залегающие с несогласием по отношению к реальным границам. Отличаются трубные волны скоростями, существенно превышающими пластовые скорости. В первых вступлениях эти помехи исключают выделение прямой продольной волны, а в последующих вступлениях восхо-

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ РАБОТЫ

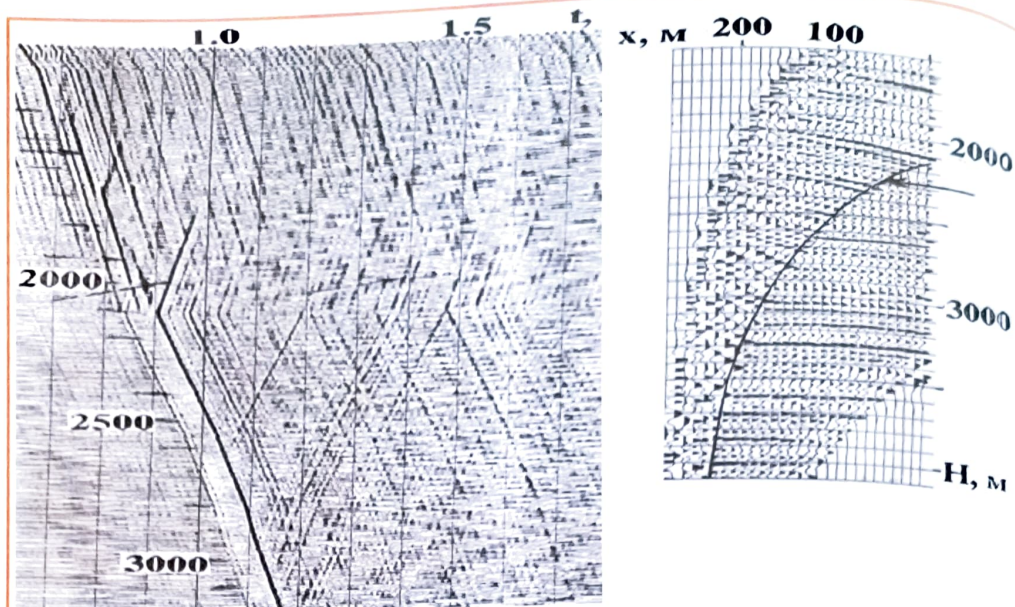


Рис. 4. Сейсмограмма ВСП (слева), содержащая в верхней части падающие и восходящие трубные волны (показаны стрелками). Справа – глубинный разрез, полученный путем миграции. Слева от линии, указанной стрелкой, из трубных отраженных волн на разрезе сформированы ложные границы.

дающие трубные волны создают иллюзию отражения прямой волны от фактически не существующей границы, расположенной на глубине 2100 м. Именно эта глубина соответствует глубине подъема цемента в затрубном пространстве обсадки.

Составление окончательного отчета и сдача его заказчику

От грамотного составления отчета (его иногда называют *Заключением*) и его оформления во многом зависит его последующая оценка заказчиком. Основная задача супервайзера на этом этапе работ – помочь исполнителям в полной мере и достаточно обоснованно изложить результаты работ, акцентируя внимание на задачи, поставленные в геологическом задании. Форма представления результатов должна быть предусмотрена заранее и согласована через супервайзера с заказчиком. Дело в том, что следование устаревшим ГОСТ'ам, далеко не всегда оправданное, способно существенно затормозить оперативное получение результатов заказчиком.

Сдача отчета заказчику влечет за собой подчас значительные осложнения, если отчет попадает к случайному лицу, имеющему очень приблизительное представление о методе ВСП. Мне как-то пришлось столкнуться с тем, как представитель заказчика распекал исполнителей за то, что они представили структурные карты, радиус которых не превышал 500 м. Он упрямо считал, что поскольку удаления ПВ достигали величины 1000 м, то и радиус структурных карт должен быть равен 1000 м. Всяческие попытки объяснить ему на пальцах вопрос о размерах участка освещенности отраженными волнами воспринимались им как попытка «вешать на уши лапшу». Таких примеров любой исполнитель мог бы привести множество.

Наличие компетентного супервайзера (или консультанта) на завершающем этапе работ способствует максимальному взаимопониманию между заказчиком и исполнителем в интересах их общего дела.

Заключение

Супервайзерство в методе ВСП еще не стало правилом. Одна из причин – нехватка необходи-

мых для этого компетентных специалистов, а также экономия средств заказчиками на привлечении специалистов для этой цели, так как оплата труда супервайзеров довольно высока. Однако всё более признаваемая необходимость в повышении качества материалов и надежности заключений, получаемых в результате работ ВСП, убеждает заказчиков в целесообразности привлечения и супервайзеров, и консультантов к выполнению намечаемых проектов. Дополнительные затраты, как показывает опыт работ различных компаний, вполне оправданы. Определенные трудности для супервайзеров, занимающихся методом ВСП, составляет отсутствие на сегодняшний день программ для оценки качества записей с учетом специфики волновых сейсмических полей, регистрируемых внутри среды. За рубежом внимание контролю качества записей ВСП в процессе проведения работ стали уделять давно [5]. Использование напрямую существующих пакетов, предназначенных для наземной сейсморазведки, не вполне оправдано. Наиболее рациональный путь – расширение функциональных возможностей таких пакетов. Это тем более оправдано в связи с тем, что все большее признание получает такое перспективное направление, как *скважинно-наземная многоволновая сейсморазведка*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шехтман Г.А., 1975. Помехи технического характера при скважинных сейсмических исследованиях и способы их подавления. Обзор ВИЭМС, 41 с.
2. Шехтман Г.А., 1994. Методика ВСП, ее современное состояние и перспективы развития. Прикладная геофизика, 131, 252-276.
3. Шехтман Г.А., Кузнецов В.М., Попов В.В., 2004. Модификации метода ВСП: какую предпочесть? Технологии сейсморазведки, 1, 75-79.
4. Шехтман Г.А., Кузнецов В.М., Редекоп В.А., 2008. Низкое качество полевых записей – причина нереализованных возможностей многоволнового ВСП: Тезисы доклада на научно-практической конференции «Гальперинские чтения - 2008».
5. Kiowski J.W., 1987, In-field quality control of VSP data, Feb 23, Oil & Gas Journal.

428XL + UNITE

Передовое решение для наземной
сейсморазведки



Компания SERCEL совершила прорыв в производстве аппаратуры для наземной сейсморазведки объединив системы 428XL и UNITE. SERCEL успешно интегрировала две самые передовые системы в области сейсморазведки - кабельную и бескабельную - и предложила первое действительно интегрированное решение для обхода препятствий в сейсморазведке в сложных условиях.

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ

- Полностью интегрирована с системой регистрации сейсмоданных e428
- Данные интегрируются на едином носителе
- Полный контроль качества всей расстановки

УПРАВЛЕНИЕ РАССТАНОВКОЙ

- Данные собираются блоками UNITE и регистрируются системой 428XL в режиме реального времени по радио каналу или полевым блоком сбора данных.
- Собранные данные от удалённых блоков могут быть загружены в систему



Ahead of the CurveSM

Nantes, France
sales.nantes@sercel.com

www.sercel.com

В любом месте. В любое время. Всегда.

Критерии и алгоритмы оценки качества полевых сейсмозаписей

Тищенко И.В., Тищенко А.И., ООО «Геофизические системы данных», Жуков А.А., ОАО «ТНК-ВР Менеджмент», г. Москва

Введение

В настоящее время проблема организации и обеспечения эффективного контроля качества (QC) сейсморазведочных работ приобретает всё большую актуальность. Тому есть несколько основных причин.

Во-первых, затраты на проведение полевых работ составляют сегодня порядка 80% от стоимости полного цикла сейсморазведочных работ, включающих также обработку и интерпретацию данных. Потеря или снижение качества полевых данных ведет к большим экономическим потерям, увеличивает сроки изучения лицензионных площадей, ограничивает использование технологий динамической интерпретации данных сейсморазведки, таких как: сейсмическая инверсия, прогнозирование фильтрационно-емкостных свойств коллекторов, АВО-анализ, атрибутивный и сейсмофациальный анализ. Без использования этих технологий сегодня невозможно построение достоверной модели месторождения и оценка запасов месторождения.

Во-вторых, в связи с возросшим уровнем технической оснащённости сейсмопартий, проявляющейся в использовании многоканальных телеметрических систем с количеством каналов до 10000-15000, сейсмодатчиков с улучшенными техническими характеристиками и высокопроизводительной конвейерной технологии 2D и 3D съёмки высокой кратности, исполнители работ стали уделять меньше внимания вопросам оптимизации методики и параметров съёмки. Исполнители всё больше уповают на возможность получения избыточной кратности с последующей отбраковкой «плохих» данных.

В-третьих, Заказчики, не имея возможностей собственными силами осуществить контроль качества полевых данных, привлекают независимых супервайзеров (специалистов или фирмы) для осуществления оперативного контроля и повышения качества получаемых в поле сейсмоданных. В свою очередь, каждый из этих специалистов руководствуется своими, порой субъективными, критериями и средствами оценки качества сейсмограмм.

Последнее десятилетие характеризуется бурным развитием технологии QC в направлении от простого визуального контроля до выполнения в поле экспресс-обработки с получением мигрированных разрезов ОГТ и 3D кубов данных.

На рис. 1 представлены основные характеристики качества сейсмограммы.

Как правило, при оценке качества работы сейсмической партии и полученных сейсмических данных основное внимание концентрируется на техническом браке: ошибки в геометрии съёмки, неработающие каналы, перевернут полярности, искажения записи и т.п. И это действительно важно.

Вместе с тем, не меньшее, если не большее, значение имеет задача оценки «геофизического качества» сейсмограммы. Что понимается под этим термином?

Под этим понимаются простые, но очень важные основные характеристики сейсмической записи: соотношение сигнал/помеха в области регистрации целевых отражений, ширина спектра, значение доминантной частоты полезного сигнала, доля низких и высоких частот в спектре полезного сигнала и некоторые другие атрибуты волнового поля. Именно эти характеристики контролируют разрешенность и динамическую выразитель-

ность записи.

Существует иллюзия, что любой геофизик средней квалификации способен «на глаз» безошибочно отличить хорошую сейсмограмму от плохой. Это большое заблуждение, которое мы попытаемся проиллюстрировать на примерах. Причина в том, что существуют различные представления и алгоритмы измерения упомянутых выше базовых характеристик сейсмической записи, а также устаревшие и ошибочные догмы, сформированные на начальном этапе использования цифровых методов сбора и обработки сейсморазведочных данных.

Вот краткий перечень упомянутых догматических представлений:

- основными нерегулярными помехами, затрудняющими выделение полезных отраженных волн на больших временах (3-6 секунды записи), являются микросейсм;
- чем выше энергия возбужденного волнового поля относительно уровня микросейсм, тем лучше;
- увеличение энергии отраженных волн относительно регулярных и нерегулярных помех в несколько раз (в 2-3 раза) или соответствующее ослабление помех обеспечивает существенное улучшение качества результатов обработки;
- увеличение количества накапливаний сейсмограмм (коррелограмм) на пикете возбуждения позволяет существенно ослаблять уровень регистрируемых помех.

Ниже мы попробуем оценить области корректного применения перечисленных представлений.

Рассмотрим последовательно способы и алгоритмы измерения основных атрибутов сейсмической записи.

Что есть сигнал, а что – помеха?

Отношение сигнал/помеха является одной из важнейших характеристик геофизического качества сейсмограммы. Проблема в том, что в геофизике приняты и рекомендованы различные способы расчёта этого атрибута, которые, порой, могут привести к противоположным выводам.

Рассмотрим наиболее распространённые алгоритмы.

Один из самых распространённых способов, заключается в измерении среднеквадратичных нормированных амплитуд в трёх окнах и в вычислении отношений этих амплитуд друг к другу (рис.2). Одно из окон задаётся в поле сейсмограммы «до первых вступлений» и тем самым оценивается уровень микросейсм или «случайного шума», окно A1. Второе окно выбирается «в области регистрации целевых отражений» и тем самым оценивается уровень сигнала, окно A2. Третье окно выбирается в области регистрации поверхностной «регулярной



Рис. 1 Характеристики качества сейсмограммы

волны-помехи» и тем самым оценивается её интенсивность, окно АЗ. Отношение указанных оценок амплитуд в окнах даёт, соответственно, отношения сигнал/микросейсм (А2/А1) и сигнал/регулярная помеха (А3/А2).

Нетрудно заметить недостатки этого способа измерения. На самом деле в окне «измерения сигнала» регистрируется суперпозиция всех типов волн: отражённых, регулярных помех и случайного шума и предложенным способом мы никак не сможем отделить их друг от друга. Доля энергии отражённых волн в таком окне сильно зависит от сейсмогеологических условий района работ. Например, в некоторых районах Западной Сибири доля полезных волн может достигать 70-80%. В районах Восточной Сибири она может быть всего на уровне 5-10%. В любом случае, если на этапе проведения опытно-методических работ мы решим исследовать зависимость соотношения сигнал/помеха по рассматриваемому способу, то мы однозначно констатируем, что чем больше заряд, тем выше отношение сигнал/помеха. Самое высокое значение этого атрибута получится при размещении заряда на поверхности земли - в этом случае среднеквадратичная оценка амплитуды в окне ожидаемого отражения будет максимальной, а уровень микро-сейсм останется неизменным.

Иллюстрацией к вышеизложенному выводу может служить сравнение двух сейсмограмм, полученных в процессе выполнения ОМР на одной из площадей в Западной Сибири (рис. 2а и б). Одна из них (рис. 2а) получена при заложении заряда весом 1,5 кг на глубину 6 метров, а вторая - при заложении заряда всего 0,5 кг, но на глубину 18 м. Соотношение «сигнал/микросейсм» на первой сейсмограмме на порядок выше, чем на второй сейсмограмме. Вместе с тем, очевидно, что доля отражённых волн на второй сейсмограмме намного выше, а частотный спектр полезных волн шире и равномерней.

Другой пример с использованием сейсмограмм по Восточной Сибири представлен на рис. 3. На верхнем фрагменте рис. 3,а отношение энергии отражений в окне к энергии микросейсм в 10 раз выше, чем на фрагменте рис. 2,б. Тем не менее, все показатели качества сейсмограммы лучше для более слабой записи (см. в правом верхнем углу рисунка). Есть ещё более яркие примеры, когда рассматриваемое отношение отличается в 100 и более раз.

Измерение отношения амплитуд отражённых волн к регулярной помехе может представлять определенный интерес, но в описанном варианте мало что даёт для практических целей совершенствования методики полевых работ. Причины следующие: важна не только интенсивность помехи, но и её площадная доля в поле сейсмограммы. Одно дело, если конус поверхностной волны-помехи узок и совсем другое дело, если он занимает большую часть сейсмограммы. Кроме того, широкий динамический диапазон записи современных сеймостанций обеспечивает успешное подавление подобного рода помех на этапе обработки данных. Опыт применения обратных и многоканальных фильтров показывает, что не представляет труда «вытянуть» сигнальную составляющую поля, сохранив её динамические особенности, даже в случае, когда её энергия находится на уровне 1-2% от уровня энергии поверхностной волны.

С другой стороны, современная тенденция использования одиночных приборов типа «VectorSeis» вместо группы приборов неизбежно приведёт к увеличению доли энергии поверхностных волн на полевых сейсмограммах и к переносу центра тяжести борьбы с этим типом помех с этапа полевых наблюдений на этап камеральной обработки данных.

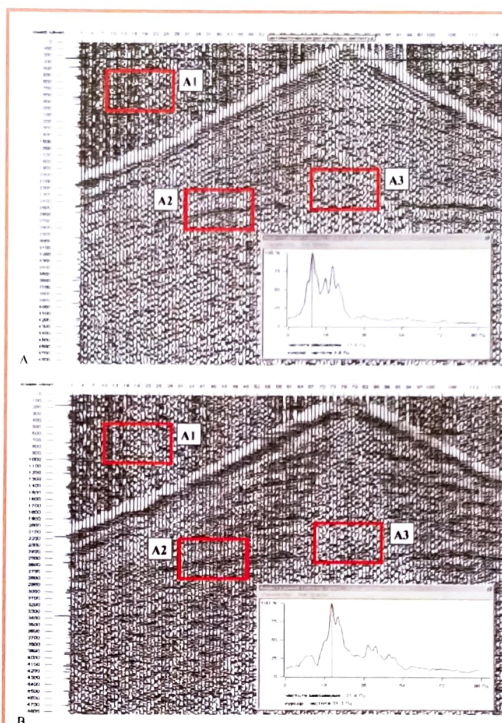


Рис. 2. Сравнение сейсмограмм и их спектров, полученных с различным весом и глубиной погружения заряда: а- глубина 6 метров, вес 1,5 кг; в- глубина 18 метров, вес- 0,5 кг. А1- окно анализа микросейсм; А2- окно анализа сигнала; А3- окно анализа регулярной помехи.

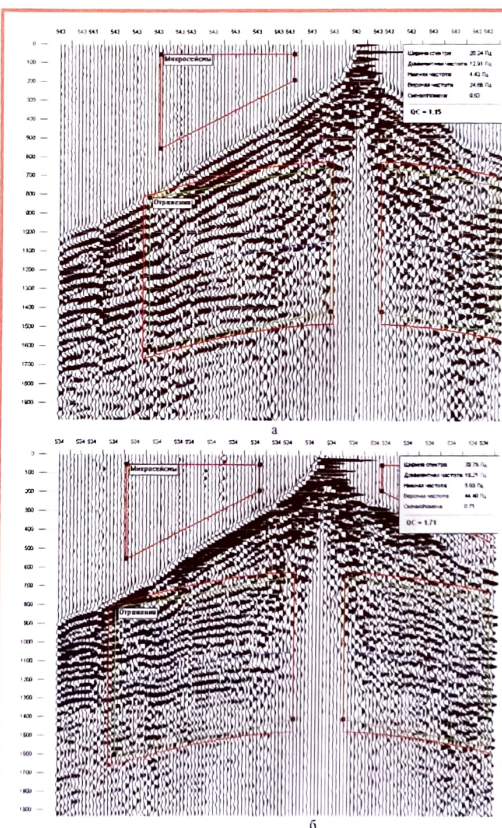


Рис. 3. Сравнение соседних сейсмограмм с различным отношением средней амплитуды отражений (Ао) к уровню микросейсм (Ам) в выделенных окнах. а) Ао/Ам = 41,0, коэффициент качества QC= 1,15; б) Ао/Ам = 3,9, коэффициент качества QC= 1,77;

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ РАБОТЫ

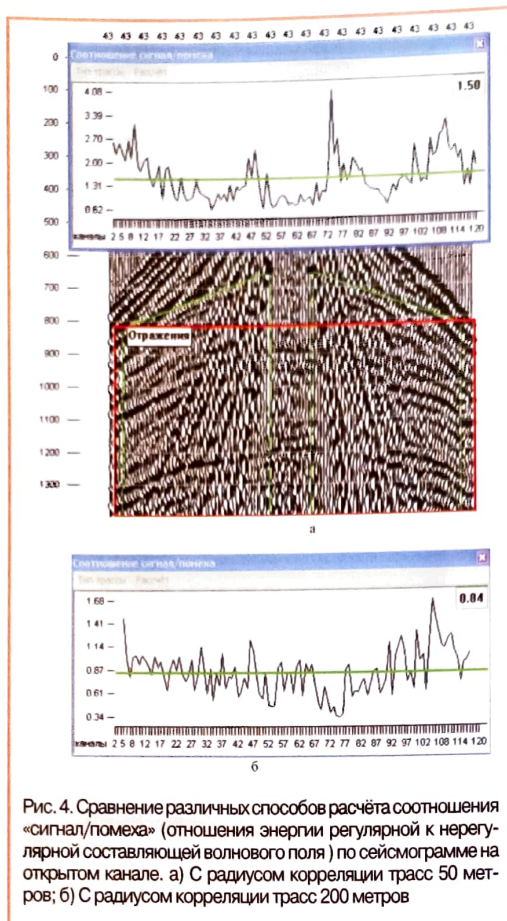


Рис. 4. Сравнение различных способов расчёта соотношения «сигнал/помеха» (отношения энергии регулярной к нерегулярной составляющей волнового поля) по сейсмограмме на открытом канале. а) С радиусом корреляции трасс 50 метров; б) С радиусом корреляции трасс 200 метров

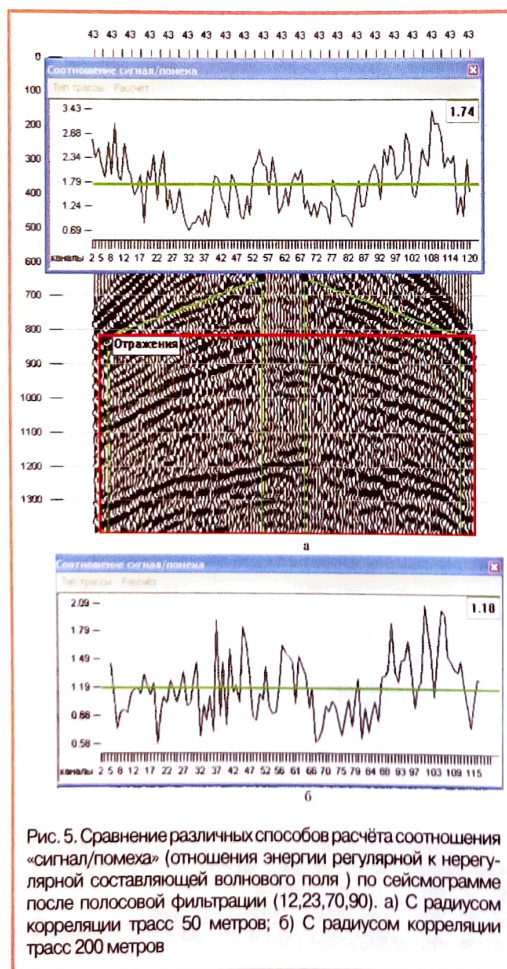


Рис. 5. Сравнение различных способов расчёта соотношения «сигнал/помеха» (отношения энергии регулярной к нерегулярной составляющей волнового поля) по сейсмограмме после полосовой фильтрации (12, 23, 70, 90). а) С радиусом корреляции трасс 50 метров; б) С радиусом корреляции трасс 200 метров

Общий вывод таков: не следует рассматривать высокий уровень превышения возбуждённого поля над уровнем микросейсм, как важный показатель качества сейсмограммы. Качественным может считаться материал, на котором это отношение достигает значений в диапазоне от 2 до 5.

Корректный и не зависящий от района работ способ измерения отношения сигнал/шум работ достаточно распространён. Суть его состоит в оценке отношения энергии когерентной составляющей волнового поля к энергии случайной составляющей. Оценка получается с помощью расчёта нормированных функций автокорреляции (ФАК) и взаимной корреляции (ФВК) различных комбинаций трасс в заданном окне по формуле:

$$[S/N] = \left[\frac{[g'_{ij}]_M}{1 - [g'_{ij}]_M} \right]^2,$$

где

$$[g'_{ij}]_M = \frac{a_i a_j r_w(0)}{[a_i^2 r_w(0) + r_{ni}(0)]^{1/2} \cdot [a_j^2 r_w(0) + r_{nj}(0)]^{1/2}}$$

$a_i a_j r_w(0)$ - максимум функции взаимной корреляции двух трасс (i-й и j-й)

$[a_i^2 r_w(0) + r_{ni}(0)]^{1/2}$ - автокорреляционная функция i-й трассы в нуле

$[a_j^2 r_w(0) + r_{nj}(0)]^{1/2}$ - автокорреляционная функция j-й трассы в нуле;

Оппоненты этого способа справедливо отмечают, что в сигнальную составляющую могут войти и когерентные волны-помехи. Это действительно может случиться, если не принять дополнительных элементарных мер. А именно: расчёт ФАК и ФВК необходимо выполнять в окне вдоль годографов пакета отраженных волн, ограничив при этом величину допустимого смещения трасс при расчёте ФВК. Дополнительные способы исключения вклада регулярной помехи в оценку отношения сигнал/помеха (С/П) могут быть построены на ослаблении помехи полосовым фильтром и на использовании параметра «радиус корреляции» помехи.

Все эти подходы реализованы в программе «SeisWin-QC» (ООО «ГСД»). Рассмотрим примеры. На рис. 4 показано сравнение двух алгоритмов расчёта отношения С/П. На рис. 4, а показан график С/П для набора трасс в окне, полученный стандартным способом с использованием соседних трасс для расчёта ФВК. На рис. 4, б задан максимальный радиус корреляции помехи 200 метров. Из сравнения графиков видно, что первый способ даёт завышенные оценки С/П (в среднем 1,5), что объясняется частичным включением в сигнальную составляющую некоторой доли энергии регулярных помех в диапазоне каналов 35-57 и 67-90. Второй способ лишен этих недостатков и даёт нам более достоверную оценку С/П на уровне 0,8.

Те же самые оценки, полученные после применения полосового фильтра 12, 23, 70, 90, (Рис. 5), ослабляющего основную помеху, показывают нам более высокие значения С/П по обоим алгоритмам (1,74 и 1,18 соответственно), что вполне естественно. Тем не менее, значения С/П на верхнем графике остаются завышенными, так как по-прежнему включают часть энергии регулярных волн-помех. Хорошим признаком является принципиальная схожесть верхнего и нижнего графиков, хотя предпочтение следует отдавать результатам, полученным с использованием увеличенного радиуса корреляции помехи (Рис. 5, б).

Анализируя амплитудно-частотные характеристики (АЧХ, спектры) сейсмограммы в различных окнах (см. рис. 3), мы получаем результаты, анало-

гичные представленным на рис.6. Частотный спектр микросейсм достаточно широк и равномерен (рис.3.а). Спектр в окне отраженных волн имеет максимум на низких частотах (10-20 Гц) и быстро затухает на частотах выше 30 Гц (рис. 6.б). Спектр «нерегулярного в пространстве» волнового поля на больших временах в области отсутствия видимых отражений в принципе аналогичен спектру отраженных волн, но с большей потерей энергии в диапазоне высоких частот (рис.6.в).

Интересно, что эти нерегулярные в пространстве волны-помехи оказываются вполне регулярными во временной шкале. Иными словами, при отсутствии интенсивных микросейсм, превышающих энергию возбужденного поля в интервале ожидания отраженных волн в несколько раз, сейсмограммы (коррелограммы), полученные через небольшие интервалы времени в одном пункте наблюдения, выглядят практически идентичными. Это доказывает сравнение ФАК одной сейсмограммы и ФВК двух последовательных во времени (рис.7.а.б). Сравнение ФАК и ФВК для набора всех трасс сейсмограммы показывает их удивительную схожесть в мельчайших деталях, так же, как и их численное сравнение.

Какой вывод напрашивается из выше изложенного? При отсутствии интенсивного поля микросейсм (что возможно при сильном ветре) нет смысла использовать большое количество накоплений сейсмограмм на одном пикете, без смены позиции источников между возбуждениями. Вполне достаточно осуществлять 3-4 накопления для страховки от технических нарушений.

Какая ширина спектра нам нужна?

Ширина амплитудно-частотного характеристики (АЧХ) полезной области волнового поля сейсмограммы напрямую связана с разрешающей способностью сейсморазведки: чем шире спектр, тем более тонкие пропластки продуктивной толщи отложений мы сможем проследить и оценить их физические и коллекторские свойства.

Диапазон регистрации отраженных волн с глубин более 1000м редко выходит за рамки 10-130 Гц. Если нам удастся регистрировать отражения на частотах выше 90 Гц, мы можем уже говорить о высокоразрешающей сейсморазведке. Даже очень хорошая сейсморазведка может обеспечить полное прямое разрешение пластов мощностью не менее 10-20 метров.

Как же лучше и корректнее контролировать присутствие в спектре полезного сигнала необходимых частот в рамках применения QC-технологий?

Здесь есть свои подводные камни. Часто в процессе выполнения полевого тестирования исполнитель выполняет измерение интересующих его спектральных компонент, не задумываясь или не отдавая себе отчет о применяемом алгоритме расчета АЧХ - какие виды регуляторов амплитуд заложены (или не заложены) в используемую программу, имеем ли мы дело с нормированным спектром или он рассчитывается без нормировок и т.п. Авторам статьи приходилось многократно сталкиваться с ситуациями, когда при модификации того или иного параметра методики полевых работ (число накоплений вибратора, увеличение заряда и др.) по измерениям на ненормированном спектре делался вывод об увеличении доли высоких частот в записи. Повторение этого же эксперимента с последующей нормировкой спектра приводило к противоположному выводу. Действительно, применение в современных телеметрических станциях 24-32 разрядного АЦП избавило геофизиков от необходимости заботиться об абсолютном уровне регистрируемого волнового поля. Мгновенный динамический диапазон современных сейсмостанций обеспечивает регистрацию interfering сигналов и помех

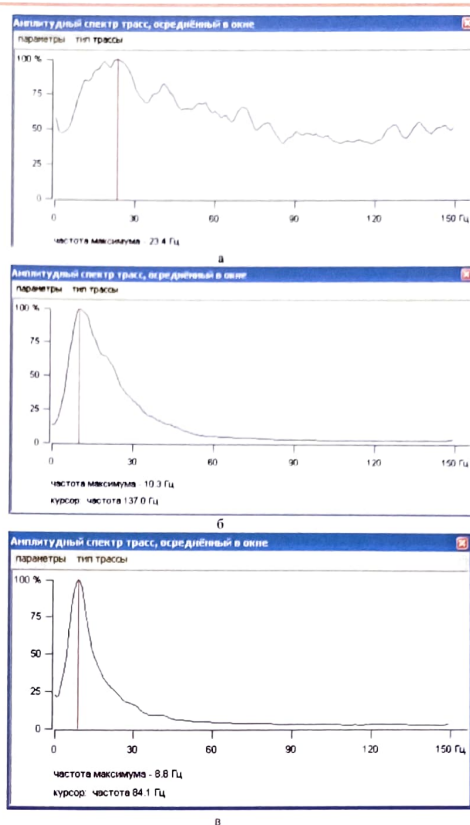


Рис. 6. Сравнение нормированных АЧ спектров сейсмограммы в различных окнах. а) В окне микросейсм; б) В окне отражений; в) В области «нерегулярных помех» в нижней части сейсмограммы

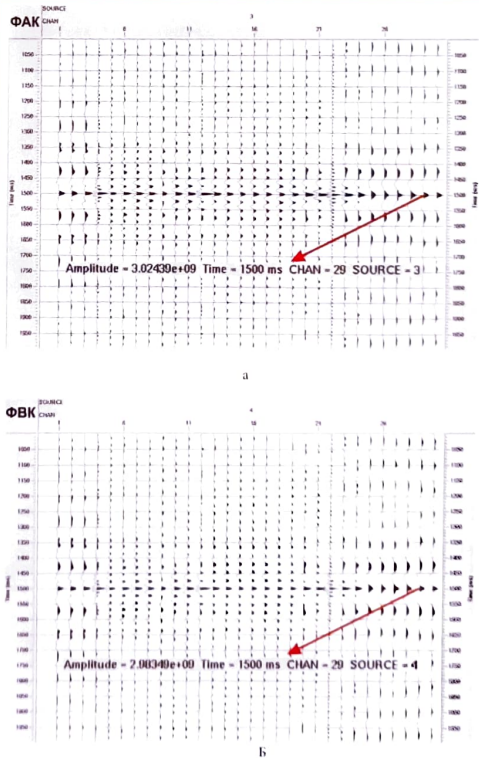


Рис. 7. Сравнение волнового поля на двух последовательных коррелограммах общего пикета. Почти полная идентичность ФАК одной С/Г и ФВК двух последовательных свидетельствует о регулярности шумов во временной шкале и неэффективности большого количества накоплений на одном ПВ

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ РАБОТЫ

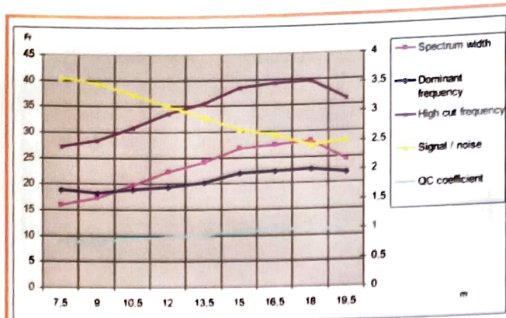


Рис.8. Зависимость характеристик сейсмической записи от глубины заложения заряда.

в широчайшем динамическом диапазоне. Потеря слабых сигналов в условиях даже очень сильных промышленных помех (например, под высоковольтными линиями электропередач) практически исключена. Геофизикам остаётся позаботиться лишь об относительном соотношении спектральных компонент сейсмической записи. Вот почему мы считаем необходимым, производить оценку спектральных компонент только на нормированном спектре. В этом случае само значение верхней частоты спектра, измеренное на определённом уровне, может служить индикатором качества сейсмограммы.

Очевидно также, что чем выше доминантная частота, тем выше разрешенность сейсмической записи.

Технология количественного контроля качества сейсмограмм с использованием многопараметри-

ческого критерия.

Очень часто измеряемые характеристики сейсмической записи оказываются противоречивыми. Рассмотрим пример полевых тестов, полученных в Западной Сибири.

Задачей тестирования был выбор оптимальной глубины погружения заряда. На графиках рис. 8 мы видим, что с увеличением глубины заложения заряда повышается доминантная частота и расширяется спектр. Вместе с тем, соотношение сигнал/помеха падает. Какое решение должен принять геофизик в условиях получения противоречивых оценок? Решение мы видим в использовании интегрированного критерия, построенного на основе взвешенной суммы значений отдельных характеристик записи:

$$QC = \frac{\text{сигнал}}{\text{помеха}} + \frac{\text{ширина спектра}}{60} + \frac{Fr \text{ максимума}}{35} + \frac{E_{SP}}{E_{AVG} \cdot k}$$

$$0.7 + 0.7 + 0.7 + 0.7$$

где E_{SP} - энергетическая характеристика сейсмограммы; E_{AVG} - средняя энергетическая оценка уровня всей совокупности сейсмограмм на профиле или площади работ; Fr - доминантная частота; k - нормировочный коэффициент; 0,7 - коэффициент приведения к уровню 70% от максимума.

Значения 60, 35 и « k » характеризуют параметры усреднённой эталонной сейсмограммы, характерной для конкретного района работ, и могут изменяться пользователем или автоматически на основе полученных статистических данных.

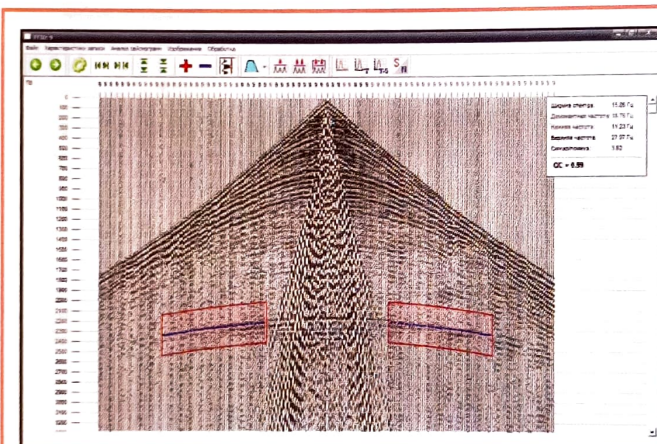
Использование интегральной оценки QC позволяет геофизику принять правильное решение. Для приведенного выше примера оптимальное значение соответствует глубине заложения заряда 16,5 метров. Для больших глубин значение QC меняется незначительно.

Сравнение сейсмограмм, полученных при глубине заложения заряда 7,5 метров и 16,5 метров, представлено на рис.9.

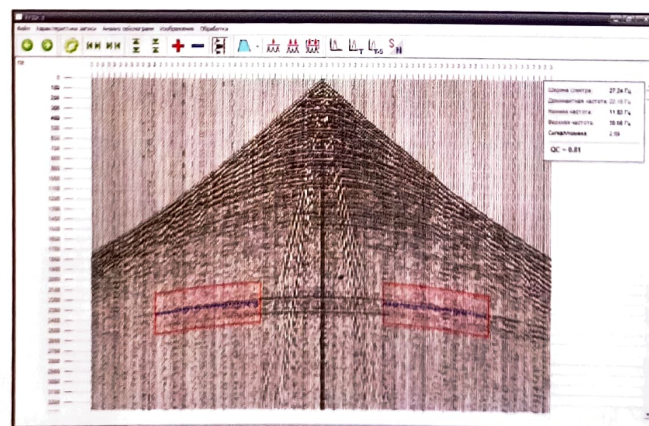
Программный комплекс «SeisWin-QC», реализующий изложенный выше подход, разработан в ООО «Геофизические системы данных» и широко используется сервисными и нефтяными компаниями в России.

Выводы.

- Контроль «геофизического качества» полевых сейсмоданных является важнейшим этапом всего цикла сейморазведочных работ, определяющим их экономическую эффективность, успешность и результативность последующей обработки и интерпретации данных;
- Визуальные оценки качества сейсмозаписей и использование некорректных алгоритмов расчёта отдельных характеристик записи часто оказываются несостоятельными;
- Современные научные представления о структуре и свойствах волнового поля сейсмограммы позволяют построить адекватные алгоритмы оценки его атрибутов;
- Для получения достоверных оценок качества сейсмограммы по набору основных атрибутов рекомендуется использовать интегральный коэффициент качества, построенный на основе взвешенной суммы отдельных характеристик волнового поля.



а



б

Рис.9. Сопоставление сейсмограмм при различных глубинах погружения заряда 0,5 кг: а - глубина погружения заряда 7,5 метров; б - глубина погружения заряда 16,5 метров.

Контроль и эффективность сейсморазведки

Логовской В.И., ЗАО «СамараНИПИнефть», г. Самара

Эволюция процесса контроля сейсморазведочных работ.

При развитии социализме сейсмические предприятия сами намечали объекты изучения, сами проектировали, сами выполняли полевые работы, сами обрабатывали и интерпретировали и сами (по подчинённости) принимали результаты работ. Единым было отношение к оценке результатов. Их нужно было приукрашивать для обеспечения возможности получения премии.

Случались рецидивы попыток адекватных оценок результатов. Но инициаторы таких попыток слыли, в лучшем случае, чудаками.

По мере преобразования экономических взаимоотношений и прихода на Российский нефтяной рынок иностранных инвесторов появились и «супервайзеры» (дословно надсмотрщики) - специально нанятые инвесторами иностранные специалисты. Как правило, это были специалисты, разбирающиеся и в тонкостях производства полевых наблюдений, и в обработке. Вместе с ними появилась полевая обработка, как средство более эффективного контроля и своевременного исправления ошибок в полевых наблюдениях (quality Control, сокращённо QC)

С развитием рыночных отношений в российском нефтяном секторе, по образцу, явленному иностранными примерами, появились и собственные «супервайзеры». Название заимствовано без изменений, но содержание, в большинстве своем, далекое от иностранных примеров. Уровень компетентности появившихся Российских аналогов, как правило, ниже. Вместе с отдельными классными специалистами, в большинстве случаев в качестве супервайзеров использовались специалисты и руководители среднего звена ликвидированных сейсморайонов без опыта в обработке, планировании современных систем наблюдений, эксплуатации современного геофизического оборудования. Обучались по ходу выполнения работ. Тем не менее, безусловно, это был позитивный сдвиг, приведший к повышению ответственности исполните-

лей полевых работ за результаты своей деятельности и, как следствие, к некоторому их улучшению.

Внедрение полевой обработки с целью обеспечения контроля качества существенно уменьшило возможность скрыть недостатки полевых наблюдений, правда лишь в случаях, когда обработка контролировалась компетентным и независимым контролёром.

Появилась тенденция разделения исполнителей полевых и камеральных работ, что так же способствовало повышению эффективности контроля результатов полевых наблюдений.

Как побочный эффект такого разделения, возникла практика геологических заданий отдельно на полевые работы и на камеральные. Таким образом, (не от большой заинтересованности в конечном результате и не без участия «супервайзеров») возникла другая крайность - разрыв единого единого процесса геологического изучения объекта исследований на две (три) не связанных части. И это несмотря на требования регламентов РФ о формировании единого геологического задания на объект исследований и составлении единого проекта, реализации которого возможна разными исполнителями полевой и камеральной частей[1,2]. Вопрос единства целей решается простым утверждением единого геологического задания и нескольких технических заданий, составляемых на этапы работ на его основе. В Роснедра, при этом, регистрируется объект исследований, составляется проект сейсморазведочных работ на объект исследований и сдаётся единый отчёт по завершении всех этапов работ по объекту исследований [3]. Искусственное разделение процесса изучения объекта на независимые задачи вредит качеству конечного результата.

По мере усложнения геологических задач, связанных с объективной необходимостью поисков и разведки все менее крупных нефтесодержащих объектов во всё более сложных геологических условиях и с необходимостью использования данных сейсморазведки при геологическом модели-



СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Организационная схема контроля качества геолого-геофизической информации

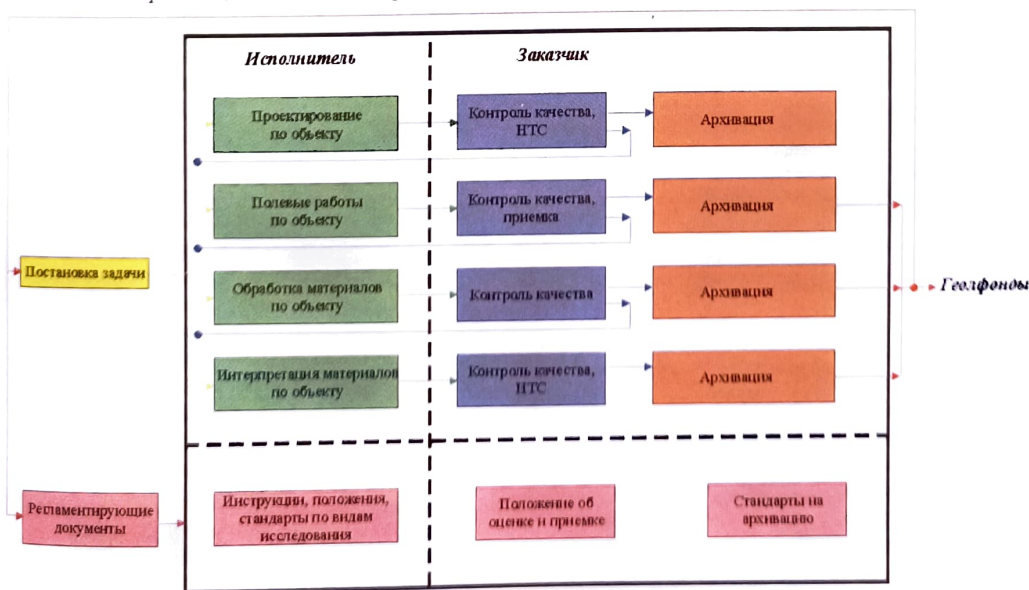


Рисунок 1. Организационная схема контроля качества сейсморазведочной информации

Таблица 1

Этапы сейсморазведочного процесса	Объективные условия для успешного выполнения разных этапов работ и для успеха работ в целом.	Объективные возможности и мотивированность для решения задач этапов работ и адекватности решений.	
		Специалисты службы заказчика	Сезонные контролёры (супервайзеры)
Формирование геологических задач и проектирование.	Необходимо: - корректное определение геологических объектов и геологических задач в геологическом задании; - использование знания особенностей и требований к результатам всех этапов сейсморазведочного технологического процесса, в том числе: • полевых наблюдений • полевой обработки • базовой обработки • сейсмической интерпретации • геологической интерпретации	Мотивы ответственности: - Геологические задания и методическая часть Проекта, объекты профессионального ведения и ответственности заказчика. - служебная обязанность, зависимость от результата - служебная обязанность, зависимость от результата - служебная обязанность, зависимость от результата - служебная обязанность, зависимость от результата - служебная обязанность, зависимость от результата	Мотивы ответственно-сти: - не очевидны - обязанность по договору, независимость от результата - не очевидны - не типичны - не типичны - не типичны
Полевые сейсморазведочные работы	Для того, чтобы было возможно получить волновые поля требуемого качества, необходимо знать каким критериям качества должен соответствовать полевой материал и обеспечить это качество. В том числе необходимо: - учитывать потребности последующих этапов технологического процесса; - знать, от чего зависит качество полевой информации; - знать, как получить полевой материал необходимого качества; - обеспечить полноту и качество полевой информации в процессе полевых работ.	Мотивы ответственности: - служебная обязанность, зависимость от результата - служебная обязанность, зависимость от результата - служебная обязанность, зависимость от результата - служебная обязанность, зависимость от результата	Мотивы ответственности: - не является мотивом - часто не очевидны - обязанность по договору, независимость от результата - обязанность по договору, независимость от результата
Обработка и сейсмическая интерпретация	Для уверенности в том, что физические свойства горных пород (скорости, плотности) будут определены с наименьшей (из возможного) погрешностью, необходимо обеспечить, чтобы сейсмические волновые поля и их атрибуты, полученные в результате обработки, соответствовали требуемым, обоснованным кондициям. В этой связи необходим контроль корректности: - учёта влияния ВЧР; - очистки от помех; - поверхностно-согласованных процедур коррекции амплитуд и частот; - кинематической интерпретации и миграции.	Мотивы ответственности, объективные возможности: - служебная обязанность + учет специфики региона - служебная обязанность, зависимость от результата - служебная обязанность, зависимость от результата - служебная обязанность + знание специфики региона, зависимость от результата	Мотивы ответственно-сти, объективные возможности: - условия контракта, часто не учет специфики региона, независимость от результата - обязанность по договору, независимость от результата - обязанность по договору, независимость от результата - обязанность по договору, независимость от результата, часто не учет специфики региона

Специальная
обработка и
динамическая
инверсия

Для корректности прогноза петрофизических свойств на около скважинное пространство, необходимо обеспечить, чтобы физические свойства горных пород (скорости, плотности) определялись с допустимой погрешностью, в том числе, необходимы:

- опережающая ревизия требуемой скважинной информации;
- мероприятия по устранению дефицита качественной скважинной информации;
- своевременное моделирование для оценки геологической эффективности инверсии для прогноза свойств разреза;
- контроль результатов инверсии в сопоставлении со скважинной информацией.

Мотивы ответственности, объективные возможности:

- служебная обязанность, возможности реализации
- не уместен договор, реализация неочевидна
- служебная обязанность, возможности реализации
- не уместен договор, реализация неочевидна
- служебная обязанность, знания и технологии, учет специфики региона
- обязанность по договору, знания и технологии, независимость от результата
- служебная обязанность, знания и технологии, учет специфики региона
- обязанность по договору, знания и технологии, независимость от результата

Сейсмо-геологическое моделирование

Для построения адекватной геологической модели на основе данных сейсморазведки и ГИС необходим контроль:

- достоверности геометрии геологических границ;
- достоверности петрофизических свойствах пород;
- адекватности моделей особенностям геологии региона, истории разработки.

Мотивы ответственности, объективные возможности:

- служебная обязанность, знания и технологии
- обязанность по договору, знания и технологии, независимость от результата
- служебная обязанность, знания и технологии
- обязанность по договору, знания и технологии, независимость от результата
- служебная обязанность, знания и технологии, учет специфики региона и практики разработки
- обязанность по договору, знания и технологии, часто недоучёт специфики региона, независимость от результата

ровании на этапе разработки, резко повысились требования к качеству результатов сейсморазведки.

«В старых нефтегазоносных провинциях, прежде всего в Волго-Уральской, перед сейсморазведчиками стоит задача выявления и подготовки для поискового бурения нефтеперспективных структур, размеры и амплитуды которых из-за их малости еще недавно считались недоступными для картирования сейсмическим методом. Например, в Самарской области в 1986-1999гг. почти 60% подготавливаемых структур имели площадь менее 2км² и амплитуду до 30м, тогда как в 1981-1985гг. структуры с такими же предельными значениями площади и амплитуды составляли не более 30%. Следует ожидать, что в будущем сейсморазведчикам придется, иметь дело с изучением еще более мелких объектов» [4].

«В связи с изменением концепции сохранения амплитуд при обработке сейсмических данных (от временного разреза ОГТ к сейсмограмме ОГТ) самые высокие требования, предъявляемые к качеству полевых наблюдений ОГТ, являются оправданными» [5].

Ввиду отмеченной важности высокого качества сейсмической информации, каждый сейсморазведочный проект нуждается в оптимизации. Для его оптимизации заказчику важно выбрать адекватную схему реализации.

Принцип контроля – этапная последовательность.

На следующий этап работ должна поступать выверенная и достаточная информация. Такой порядок отображен на рисунке 1.

Существующая практика контроля результатов полевых работ традиционно не системна, включает отдельные аспекты большого круга задач, часто

не главные. Отчеты супервайзеров нередко содержат изложения содержания проектов, общие рассказы о ходе полевых работ и копии актов без каких-либо системных анализов и выводов.

Очень важен процесс оптимизации задач исполнителей с учетом объективных возможностей реализации и мотивации их стремления к наилучшему результату.

Для того, чтобы выяснить лучшие схемы взаимодействия при контроле, в таблице 1. приведена попытка оценок объективной мотивированности и возможностей выполнения контроля работ разных этапов силами специалистов службы заказчика и приглашенных супервайзеров с учетом приобретенного опыта сотрудничества.

Из оценок, приведенных в таблице, можно сделать следующие выводы:

- Оптимизировать контроль технологического процесса сейсморазведки во взаимосвязи всех ее этапов и увязать его с общим процессом разведки и добычи должен заказчик силами специалистов своей службы, методически руководящих подрядчиками работ и контролерами (супервизорами);
- В том случае, когда по каким-либо причинам собственная сейсмическая служба отсутствует, заказчик должен наладить долгосрочное сотрудничество со специально подобранными для своих условий контролерами (супервайзерами), обязанными и способными учитывать специфику обозначенных условий и несущими ответственность за результаты;
- Самый неудачный вариант организации контроля, когда при отсутствии своей сейсмической службы на каждый новый объект или сезон фирма выбирается по конкурсу цен, а из нее приходит тот, кого пришлют. При таком способе



СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ РАБОТЫ



выбора профессиональная подготовленность контролёров часто недостаточная. Учёт специфики региона сомнителен. Накопление знаний и их использование невозможно. Эффективность контроля низкая.

Контроль качества **полевых работ** оптимально осуществлять на трёх уровнях, что, помимо всего прочего, значительно затрудняет возможность корыстного сговора контролёров с подрядчиками.

Внутренний контроль силами специалистов подрядчика.

Технологическими руководителями подрядчика по условиям контракта должен осуществляться внутренний контроль технологии работ, предусмотренной Проектом, утверждённым заказчиком, и регламентами заказчика. Должны использоваться средства административно-хозяйственного воздействия на исполнителей.

Некоторые подрядчики имеют хорошо отлаженную службу контроля технологии работ и ориентированную на ее соблюдение систему оплаты труда. Как правило, у таких подрядчиков качество полевых материалов значительно выше, сбоев в работе, включая затраты времени на проверку, отбраковку и дублирование - меньше.

Естественно, заказчику выгодно работать с такими подрядчиками и это должно учитываться при проведении конкурсов.

Но часто наличие супервайзеров настолько «расслабляет» подрядчиков, что они с удовольствием перекалывают на них свои контрольные и координирующие функции и этот основной уровень контроля выпадает из процесса производственных работ.

Для исключения такой ситуации в договоре о полевом контроле должен быть предусмотрен запрет контролёрам вмешиваться в хозяйственные вопросы подрядчиков.

Внешний контроль логично разделить на технологический контроль, осуществляемый контролёрами (супервайзерами) и организационно-методическое сопровождение, осуществляемое сейсмической службой заказчика.

В задачи технологического контроля полевых работ уместно включить:

- Контроль технического состояния и достаточности оборудования;
- Контроль топографо-геодезического обеспечения;
- Контроль возбуждения сейсмических волновых полей;
- Контроль приёма и регистрации сейсмических волновых полей;
- Полевую обработку всей полевой информации и оперативную отбраковку непригодных наблюдений;
- Контроль дублирования забракованных наблюдений, исправления ошибок геометрии и пр.;
- Контроль качества документирования и соответствия полевой информации стандарту заказчика.

Выполнение функций исключительно технологического контроля не требует обязательного знания специфики местных условий и критериев, необходимых для выполнения задач последующих этапов работ.

В задачи организационно-методического сопровождения целесообразно включить:

- Анализ правильности расчетов сейсмических атрибутов, включая выборочные контрольные расчеты;
- Анализ зависимости характеристик наблюдаемых волновых полей от ландшафтных условий. Выбор мест для выполнения опытных работ и анализ их результатов. Накопление опыта и

информации для будущих съёмок;

- Контроль обоснованности смещений ПВ и ПП с позиций решения геологических задач;
- Анализ обоснованности отбраковки физических наблюдений, уточнение критериев;
- Контроль кондиционности передаваемой Заказчику информации (форматы, сбои, полнота, соответствие стандарту заказчика);
- Контроль полевой обработки и оценку качества сейсмической информации;
- Контроль соблюдения контрактных условий выполнения работ (сроки, оснащение, качество, объёмы).

Большинство из перечисленных функций зависят от наличия накопленного опыта в местных специфических условиях и знаний, необходимых для решения задач последующих этапов работ.

При любых схемах организации контроля заказчику нужно регламентировать:

- требования к образовательному уровню супервайзера:
- диплом об окончании профильного ВУЗа;
- сертификаты, свидетельствующие о дополнительном обучении навыкам и знаниям в области эксплуатации геофизического оборудования;
- документы, свидетельствующие о дополнительном обучении навыкам и знаниям в области обработки сейсмической информации.
- профессиональные требования к супервайзерам, в том числе:
- к знаниям, необходимым для выполнения полевой обработки;
- к знаниям технических характеристик источников и способов контроля оптимальности параметров возбуждений;
- к знаниям структуры форматов;
- к знаниям способов контроля технических параметров регистрирующих систем, приемных линий, средств возбуждения.
- типовое техническое задание на выполнение работ по контролю;
- форму договора на оказание услуг по контролю, в том числе:
- порядок учёта выполненной супервайзером работы и критерии оценок её результатов;
- перечень документов, периодичность отчётов, основания для оплаты услуг супервайзера, как оплата зависит от полноты и качества услуг;
- раздел об ответственности супервайзера, в том числе процедуры по возмещению ущерба, в случае установления факта причинения материального ущерба заказчику или подрядчику по вине супервайзера;
- порядок взаимодействия подрядчиков, супервайзеров и служб заказчиков по вопросам проектирования, выполнения и контроля сейсморазведочных работ.
- порядок отчётности супервайзера.

Список литературы.

1. Инструкция по сейсморазведке 1986г.
2. Инструкция по составлению проектов и смет на ГРП 1993г.
3. Письмо ФГУНПП «Росгеолфонд» №12-02/1272 от 17.02.2008г.
4. Корягин В.В. Проблемы Структурной сейсморазведки Самара, СНЦ РАН, 2006г.
5. Сергеев В.Л. Новые возможности повышения разрешающей способности сейсмических данных для определения фильтрационно-емкостных свойств нефтегазовых резервуаров. ОАО «Сибнефтегеофизика» 2010г.

Внутренний супервайзинг и обеспечение качества

Крутов А.Л., компания «СИ Технолоджи Инструментс», г. Геленджик, Мамаев Д.А., ООО «Донгеофизика», пгт. Тарасовский, Ростовской области

Супервайзинг в сейсморазведке имеет относительно долгую историю. Под супервайзингом в отечественной сейсморазведке принято понимать наблюдение и контроль со стороны заказчика. Также супервайзер обычно располагает некоторыми представительскими полномочиями, как то: согласование с исполнителем отклонений от проекта и консультирование специалистов исполнителя. Всё это внешний супервайзинг.

К сожалению, в отечественной сейсморазведке сложилась традиция обеспечения качества услуг не столько внутренними методами, сколько внешним контролем. То есть отсутствие супервайзера при выполнении проекта приведёт к гарантированному снижению качества к окончанию проекта. Внутренние требования к качеству и контроль их выполнения чаще обеспечиваются многолетними традициями на предприятии, чем обозначенной политикой в области управления качеством.

Даже сам термин «обеспечение» (качества) чаще подразумевает как «контроль», нежели суть обеспечение. В отечественной литературе, включая учебники, широко и полно рассмотрен вопрос оценки качества материала любого геофизического метода, чаще всего это статистические способы. Однако в литературе мало обсуждается, что же делать с выявленными отклонениями, и вовсе не обсуждается как предотвратить повторение (к примеру, §59 [1]). Подразумевается, что выявивший ошибку сам должен знать, как поступить. Он может самостоятельно исправить или же спрятать ошибку. Очевидно, что этот вопрос очень косвенно относится к предмету, скорее это задачи менеджмента, дисциплины отнюдь не технической и геофизикам малоинтересной. Но именно этот менеджмент лежит в основе качества продукта.

Согласно западным источникам [2], **«Обеспечение качества» - целостная система управленческих инструментов, таких как планирование, реализация, экспертиза, отчётности и внедрение качества для обеспечения уверенности, что процесс, система или служба достигает необходимого уровня качества.** Термин «Контроль качества» подразумевает технические средства и методику измерения полученных результатов на предмет соответствия требованиям.

Внутренний супервайзинг необходим как элемент системы обеспечения качества (*Quality Assurance*). По теме обеспечения качества написано большое количество литературы, однако, следует отметить труд Эдварда Деминга (*William Edwards Deming*) [3], являющегося одной из ключевых фигур в экономическом развитии Японии. Именно принципы, сформулированные Демингом, легли в основу современной теории управления качеством.

Первый принцип декларирует «Постоянство цели» (*Create constancy of purpose toward improvement of product and service, with the aim to become competitive and stay in business, and to provide jobs*). Трудно оспаривать этот очевидный принцип. Однако, следует особенно акцентировать внимание на нём. Именно постоянство цели лежит в основе качественного продукта. И качество должно быть целью, которой нельзя жертвовать ни при каких обстоятельствах. Качественный материал позволяет повысить геологическую эффективность: чем меньше необходимость обращаться к статистическим методам, при наличии фактических данных, тем выше достоверность результата. Примеры справедливости этого принципа в геофизической партии найти не так уж сложно. Всем знакома гонка к концу сезона, когда нужно выполнить объёмы. В таких условиях часто закрываются глаза на качество. На этапе же приёмки материала приходится искать оправдания из серии «не было времени».

Второй принцип Деминга призывает к новой философии (*Adopt the new philosophy. We are in a new economic age. Western management must awaken to the challenge, must learn their responsibilities, and take on leadership for change*). Эта новая философия подразумевает отказ от западного пути и переход к японскому опыту. Парадоксально, но отечественные тенденции тяготеют именно к тому пути, от которого нас предостерегает автор. При строго формальном подходе к управлению качеством. Западный путь не подразумевает заинтересованность исполнителей в качестве. Сложно конкретизировать этот пункт соответственно реалиям, это скорее идеология системы Деминга.

Следующий, **третий** принцип, предлагает нам покончить с массовыми проверками и контролем (*Cease dependence on inspection to achieve quality. Eliminate the need for massive inspection by building quality into the product in the first place*). Согласно этому принципу качество должно быть «встроено» в продукцию. В случае с геофизическими данными — в материал. Необходимость дополнительного контроля отпадает сама собой. Возможно ли это? Отчасти это уже реальность, отчасти еще многое нужно сделать. К примеру, еще десять лет назад регистрация с одновременной записью геометрии в заголовки была редкостью, однако, в наше время это скорее правило. Следовательно, снижается вероятность присваивания неправильной геометрии на этапе обработки — это значит, что качество геодезического материала было встроено в продукт.

«Покончите с практикой закупок по самой низкой цене», — говорит нам **четвёртый** принцип (*End the practice of awarding business on the basis of price tag. Instead, minimize total cost. Move towards a single supplier for any one item, on a long-term relationship of loyalty and trust*). Известный афоризм гласит: «Мы не настолько богаты, чтобы покупать дешёвые вещи». Эта истина, проверенная временем, вряд ли нуждается в пояснениях. Однако, в условиях финансовых затруднений любая сервисная компания постарается сэкономить, но известны случаи закупки дешёвых ГСМ, которые приводят к выходу из строя техники во время работ. Простой же, связанные с поломкой техники, выливаются в миллионные убытки. Экономим на сличках?

В **пятом** пункте Деминг рекомендует улучшать каждый процесс (*Improve constantly and forever the system of production and service, to improve quality and productivity, and thus constantly decrease costs*). Что харак-

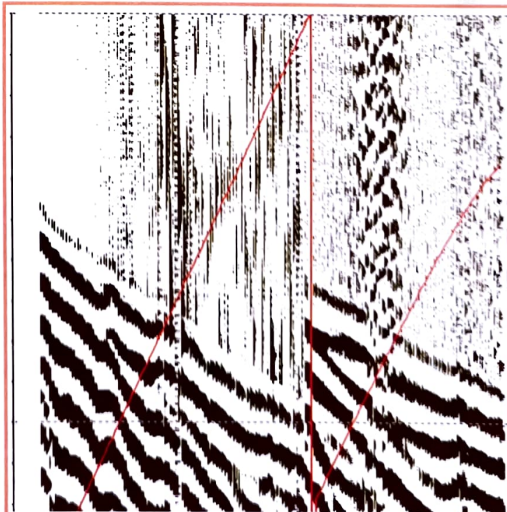


Рисунок 1. Пример грубой ошибки в навигационных данных. Красная линия показывает расчетный годограф прямой волны.

СУПЕРВАЙЗИНГ
В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ
РАБОТЫ



терно, улучшение процесса автор ставит в обратную зависимость с издержками. То есть улучшение качества не должно требовать экстенсивных расходов, следовательно, улучшения должны носить инновационный характер. Приведём пример, возможно, не совсем современный, но показательный: переоборудование топоотрядов современными тахеометрами — издержки, которые с лихвой окупались простой работы и производительностью по сравнению с теодолитной съёмкой, а простота, в свою очередь, снизила вероятность ошибки.

«Введите практику подготовки кадров в процессе труда», — так можно перевести **шестой** принцип (*Institute training on the job*). Действительно, как может исполнитель качественно сделать работу, если не знает критериев качества? В практике давно применяется процесс обучения операторов сейсмостанции на рабочем месте. В отличие от простого получения навыков, «вхождение» в работу здесь невозможно без педагогической деятельности наставника — старшего оператора. Этот пункт, к счастью, довольно часто имеет применение на деле.

Следующий, **седьмой** принцип поясняет необходимость лидерства (*Institute leadership*). Руководители всех уровней должны отвечать не за голые цифры, а за качество. Руководители должны обеспечить принятие немедленных мер при получении сигналов о появившихся дефектах, неисправном или разлаженном оборудовании, плохих инструментах, нечетких рабочих инструкциях и других факторах, наносящих ущерб качеству. Приверженность качеству руководителя служит хорошим примером для работников. И наоборот: если руководитель позволяет себе жертвовать качеством, то это входит в привычку у подчиненных.

В соответствии с **восьмым** принципом, следует избавляться от страхов (*Drive out fear, so that everyone may work effectively for the company*). К сожалению, это бич, который поражал рано или поздно любую партию, любую организацию. От страха понести наказание, от страха оказаться «крайним», исполнитель занимается подгонкой, делает подлог. Топограф подгоняет координаты, оператор подбирает шумы или инструментальные тесты, обработчик — скорости и поправки, взятые субъективно «с потолка». Убытки от подобного «шаманства» оценить трудно.

Автор убеждает нас в необходимости разрушить границы между подразделениями, установить более тесное общение, именно об этом гласит **девятый** пункт (*Break down barriers between departments. People in research, design, sales, and production must work as a team, to foresee problems of production and in use that may be encountered with the product or service*). Вряд ли имеет смысл обсуждать преимущества командной работы, да и зачастую предприятие может похвастаться сплоченным коллективом. Деминг лишь неоднократно подчеркивает, что в конкуренции есть победитель и есть проигравший, в сотрудничестве же выигрывают все. В любой деятельности, и геофизика не исключение, существует традиция «свали ошибку на другого». Если сложно установить источник ошибки, то трудно принять меры к предотвращению. Сплоченность коллектива препятствует перекидыванию ошибок.

Откажитесь от пустых лозунгов и призывов — **десятый** принцип (*Eliminate slogans, exhortations, and targets for the work force asking for zero defects and new levels of productivity*). Лозунги, призывающие к бездефектной работе и высокой производительности без описания путей достижения, вызывают раздражение. Повышение качества — работа комплексная, и способность отдельно взятого сотрудника исправить ситуацию на фоне лозунгов приводит к враждебному отношению. Примером может служить лозунг, висевший в бытовых вагончиках одного известного сервисного предприятия: «Помни! На твоё место всегда найдётся другой!». Разумеется моральная обстановка на этом предприятии была соответствующая.

Пункт **одиннадцатый** звучит так: «Откажитесь от

количественных оценок работы» (*Eliminate management by numbers, numerical goals*). Это очень противоречиво для полевого этапа утверждение имеет несомненный практический смысл. Борьба за выработку зачастую сказывается на результате. Недостаток же количественной мотивации ставит под угрозу выполнение всего проекта. Как правило, полевой сезон ограничен и нет возможности ожидать, когда коллектив сам настроится на необходимый ритм работы. Здесь и может пригодиться внутренний супервайзер. Его задача — поощрять за качественно сделанную работу. Чем больше сотрудник будет получать похвалы, тем более он мотивирован. Таким образом, качество превращается в количество. Но количество с высоким качеством. Конечно, поощрять может и руководящий состав партии, но они заинтересованы в выработке отдельно от качества. Речь ни в коем случае не идёт об упразднении количественных показателей, но об исключении количественной оценки труда.

«Дайте работникам возможность гордиться своим трудом» (*Remove barriers that rob the hourly worker of his right to pride of workmanship. Remove barriers that rob people in management and in engineering of their right to pride of workmanship*). Удовлетворение от созидания — мощный мотивирующий инструмент и, если работник не скован системой, то он сам будет стремиться к качеству. Любые заслуги предприятия должны быть донесены до каждого исполнителя. Ведь в общем деле есть вклад каждого.

Поощряйте стремление к образованию (*Institute a vigorous program of education and self-improvement*). Этот **тринадцатый**, принцип переключается с пятым. Улучшение каждого процесса невозможно без совершенствования персонала.

Приверженность делу повышения качества (*Put everybody in the company to work to accomplish the transformation*). Качество — дело каждого. Система должна быть стройной, любой изъян сказывается на функционировании, в конечном итоге всё отражается на качестве.

Упомянутые принципы всего лишь теория, но теория, которая даёт понимание системы управления качеством. Собственный супервайзер — важный элемент функционирования этой системы, однако задача внедрения этих принципов находится пределами его полномочий.

Функции супервайзера гораздо скромнее — он должен выявлять отклонения и, что гораздо важнее, предотвращать их повторение. Важно, чтобы предотвращение ошибок не носило репрессивный характер. Это чревато демотивацией и, как следствие, ухудшением качества. Чтобы отклонение было исправлено и, по возможности, предотвращено, оно должно быть зафиксировано. Это не должно быть простым озвучиванием — слова быстро забываются. Для этих целей может применяться учётный журнал, отчёт или же письмо. Зафиксировано сухо, без персональных. Обязательное условие — ответственные исполнители должны видеть факт фиксации. С этого момента начинается жизненный цикл проблемы. Этот цикл включает в себя пять этапов или состояний:

1. **Зарегистрирована** — это уже обсуждено выше, отклонение выявлено и зафиксировано.
2. **Назначена** — ответственному исполнителю передана ответственность за исправление и принятие мер по предотвращению.
3. **Разрешена** — самый многовариантный этап. На данном этапе возможно как исправление, запрос дополнительных данных, так и возвращение к предыдущему этапу (в случае некорректно заданных условий для исправления).
4. **Проверка решения** — по результатам проверки проблема считается либо закрытой, либо опять назначается исполнителю (возможно иному).
5. **Повторная регистрация** — нежелательный, но всё же возможный исход. Говорит о недостаточности принятых мер по предотвращению дефекта. Сам факт регистрации дефекта важен для испол-

Простой вид	Комментарий	(расширенный вид) (история) (ссылка)			
Номер	Категория	Серьезность	Воспроизводимость	Создан	Изменен
0000010	[по Состоянию]	малая	не проверялась	2010-01-29 13:21	2010-02-01 12:29
Инициатор	Антонен	Видимость	общая		
Ответственный	Ророн				
Приоритет	обычный	Решение	решен		
Состояние	отработан				
Суть	0000010: Личная заявка в SEGQ заголовка				
Подробности	Extended header в 305 байт хранится не в профиле, однако записывается не нулем, а заголовком.				
Шаги по воспроизведению	1. Производим регистрацию с внешним запуском. 2. Сохраняем SEGQ. 3. Пытаемся записать номер профиля, он имеет вид "000010."				
Дополнительные сведения					
Теги	Нет прикрепленных тегов				
Прикрепить теги	(Введите "x") Прикрепить				
Вложения файлы					
Отправить Повторно открыть					

Рисунок 2. Пример тикета в системе учёта проблем, используемой в службе обеспечения качества «СИ Технолоджи».

нителя. Это даёт ему понять что забыть про ошибку не удастся, а при повторном ее возникновении «вес» этой ошибки будет увеличен. Напротив, своевременное и точное принятие мер исполнителем не должно остаться без поощрения, пусть даже это будет устной похвалой.

Супервайзер обязан контролировать работы по исправлению и предотвращению проблем. Это значит, что каждая зарегистрированная проблема должна контролироваться супервайзером. При этом должна учитываться значимость («вес») ошибки, во избежание ситуации, в которой работа необходимых сотрудников будет парализована поиском причины малозначимого дефекта. Ключевым моментом функционирования супервайзера является вывод его из подчинения начальнику партии (подразделения, в котором он работает в данный момент). Супервайзер должен подчиняться начальнику службы обеспечения качества. Это позволит избежать давления со стороны сотрудников, заинтересованных в количественных показателях.

Накопление значительного количества проблем усложняет их сопровождение — регистрацию, учет, поиск и обращение к ним исполнителей. Вести записи на бумаге при определённом количестве проблем становится затруднительно. Очевидным кажется

применение баз данных. Что характерно, для учета проблем существуют специализированные инструменты, которые служат уже не один десяток лет. Однако их западное название «issue tracking system» даже не имеет фиксированного перевода на русский язык (иногда переводят как «системы отслеживания задач»), что говорит о непопулярности даже не самих систем, а скорее о непопулярности подхода к учёту дефектов. Справедливости ради стоит отметить, что в сфере разработки программного обеспечения прижился специализированный вид этих систем — отслеживание ошибок («bug tracking system»). Эта разновидность вполне подходит и для задач учета дефектов в работе геофизических предприятий. Требуется лишь незначительная специализация этих систем. Возможность же работы в глобальной сети позволяет вести обмен данными несколькими партиями, находящимися в разных точках земного шара, при наличии связи, разумеется. Это даёт возможность руководству компании оперативно отслеживать проблемы с качеством и принимать превентивные меры.

Компания «Донгеофизика», как и ее ближайший партнер - «СИ Технолоджи», применяет передовые технологии не только в используемом оборудовании, но также в области менеджмента, в частности, в области управления качеством. Компания постоянно совершенствует свои методы и, несмотря на молодой возраст, добилась определенных успехов.

В компании «Донгеофизика» введен внутренний супервайзинг, а также внедрена система учета проблем. Принципы, применяемые компанией, позволили пройти сертификацию в области управления качеством в соответствии со стандартами семейства ISO9000.

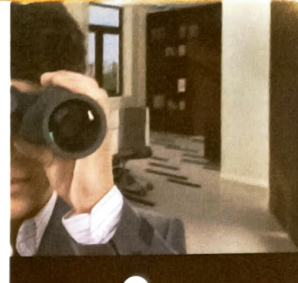
Подводя итог вышесказанному, зададимся вопросом — заменит ли внутренний супервайзинг привычный нам супервайзинг от заказчика, если возможно обеспечение качества внутренними методами? На наш взгляд, вряд ли, по крайней мере, не в обозримом будущем. Сейсморазведка всё больше и больше проводится в нестандартных условиях. Это касается как поверхностных условий (к примеру, транзитных зон), так и использования нетрадиционных модификаций, таких как сейсморазведка высокого разрешения. Проведение таких работ требует тесного контакта с заказчиком и, зачастую, необходимости оперативного принятия решений. Это невозможно без присутствия на месте представителя, которым и является супервайзер.

Литература:

1. «Сейсморазведка. Справочник геофизика», под ред. И.И.Гурвича, В.П.Номоконова, - М.Недра, 1981.
2. «Quality assurance guidance for conducting Brownfields site assessment», USEPA, 1998.
3. Deming W. Edwards «Out of the Crisis», MIT Press, Boston, 1986.
4. Нив Генри Р. «Пространство доктора Деминга», пер. с англ., - М.:Альпина бизнес букс, 2005.



Рисунок 3. Сертификат соответствия ISO 9001 ООО «Донгеофизика».



СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ РАБОТЫ



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-

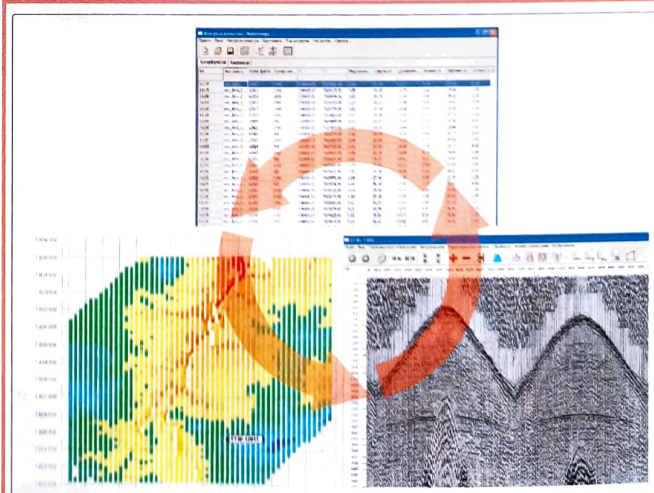


Рис. 1. Взаимосвязь основных окон программы "SeisWin-QC".

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 искажённым. 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-

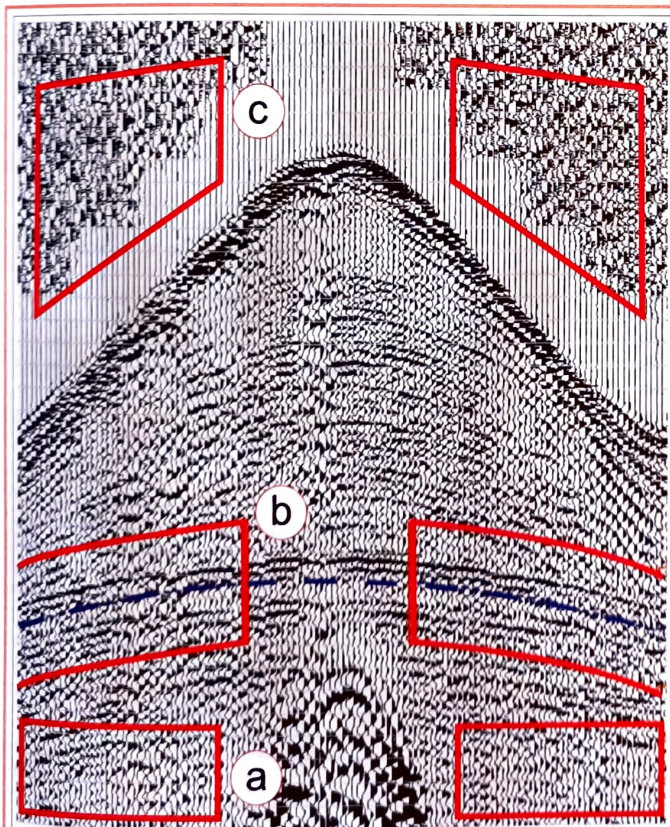


Рис. 2. Типы пространственно-временных окон в программе "SeisWin-QC".

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

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

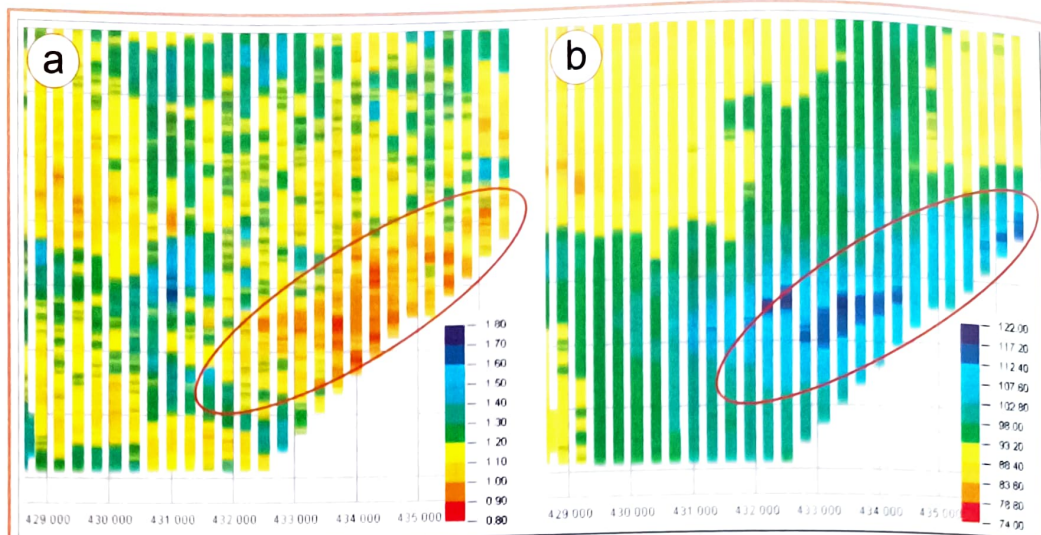


Рис. 3. Сопоставление фрагментов карт атрибутов "сигнал/помеха" и "альтитуда ПВ".
а) карта отношения "сигнал/помеха";
б) карта рельефа местности (м).

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-

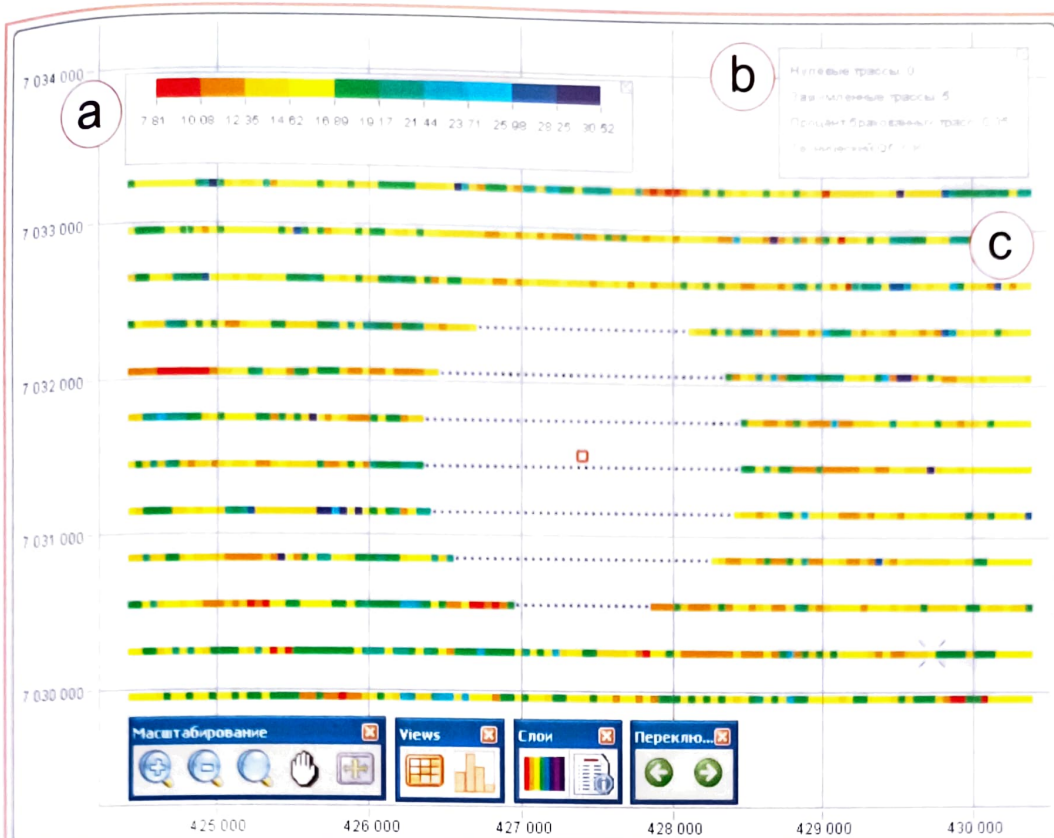


Рис. 4. Поканальный расчёт атрибута «доминантная частота» для активной расстановки.

- 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

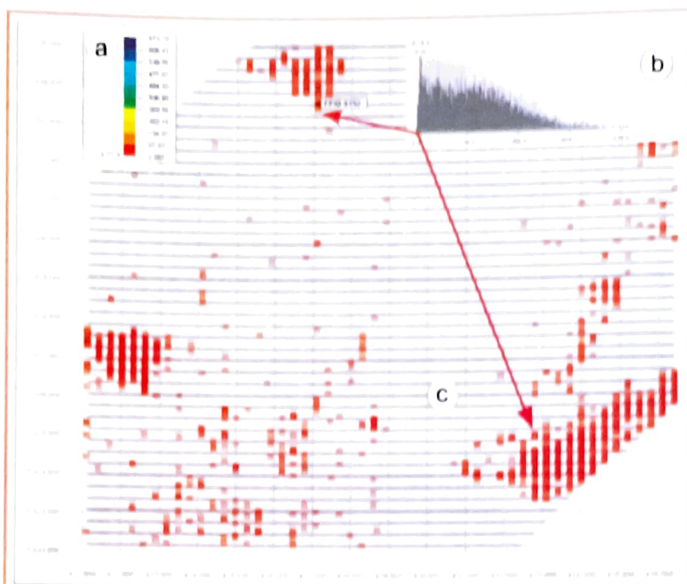


Рис. 5. Карта атрибута "отношение амплитуд" с выделением диапазона значений по гистограмме.

- 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 отработке 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.

К вопросу совершенствования технологий сейсморазведки при изучении глубокозалегающих сложнопостроенных нефтегазоперспективных объектов

Куколенко О.В., Селезнев В.А., ФГУП «НВНИИГТ» г. Саратов

На протяжении длительного времени, начиная с 70-х годов прошлого столетия, при выполнении региональных, поисковых, детальных сейсморазведочных работ с регистрацией отраженных продольных волн (РР) широко (практически повсеместно) используется метод ОГТ – 2D. До настоящего времени эта методика существенных изменений не претерпела. Внедрены наиболее оптимальные источники возбуждения сейсмических колебаний – как импульсные (взрывного и невзрывного типов), так и вибрационные, оптимальные для соответствующих сейсмогеологических условий виды группирования вертикальных сейсмоприемников, увеличены разности источник-приемник. Все эти методические приемы способствовали повышению эффективности МОГТ.

Вместе с тем, в системах наблюдения по ОГТ по-прежнему используются вертикальные сейсмоприемники, которые обладают круговой характеристикой направленности. Поэтому на сеймограммах регистрируется большой фон разного рода помех: обменного и поперечного типов, боковые волны в условиях выраженной соляно-купольной тектоники, и др. Особое место занимают помехи частично-кратного типа, волны-спутники, сопровождающие сейсмический импульс, снижающие динамическую разрешенность сейсмической записи, а также соотношение сигнал-помеха.

Несмотря на развитую технологию обработки сейсморазведочных материалов с использованием современных программных комплексов, существенно ослабить такой тип помех не представляется возможным. Поскольку эти помехи по кинематике совпадают с полезными отражениями, то принцип их ослабления по расхождению кинематических характеристик, заложенный в обрабатывающих программах, не работает. То есть в данном случае селекция волн по кинематическому признаку не может быть реализована.

Рассматриваемый тип помех может быть ослаблен при использовании поляризационных характеристик волн. Исследования по изучению характера смещения частиц среды при регистрации сейсмических колебаний на дневной поверхности, выполненные НВНИИГТ в 90-е годы, показали, что:

- большинство регистрируемых волн интерференционны;
- волны-спутники, сопровождающие полезный импульс отраженной волны, увеличивая его длительность, отличаются по поляризации.

В это же время был обоснован высоконаправленный прием сейсмических колебаний по признаку поляризации (ВП) [5,6]. Для его реализации использована двухкомпонентная установка наклоненных и противоположно направленных сейсмоприемников.

Суть высоконаправленного приема по признаку поляризации заключается в выделении линейно поляризованной части сейсмического колебания и в ослаблении или устранении



нелинейной (расфазированной) части этого колебания. В итоге, регистрируемые импульсы отраженных волн укорачиваются, а сейсмическая запись в целом становится динамически более разрешенной, повышается соотношение сигнал/помеха, частично возрастает временная разрешенность. Все это реализуется в процессе обработки и преобразования двухкомпонентных записей. Преобразования могут быть направлены на выделение поля продольных волн (РР) или волн поперечного типа (PS, S).

Высоконаправленный прием волн по признаку поляризации (ВП) был реализован в системе наблюдения по ОГТ. Была также обоснована новая технология: высоконаправленная поляризационная модификация ОГТ (ВП ОГТ) [7].

Разработанная конструкция азимутальной платформы включает два установленных на ней компонента (Ik, Ik). Каждый компонент представлен группой наклоненных сейсмоприемников, разнесенных по азимуту относительно друг друга на 30°. 5 сейсмоприемников охватывают сектор 120°. На конструкцию азимутальной установки (АМУС) Центральным сертификационным органом системы сертификации геофизической продукции Госстандарта РФ» выдан «Сертификат соответствия». Угол наклона сейсмоприемников относительно горизонта составляет 35°20'. Выбор оптимального угла наклона для конкретных сейсмогеологических условий осуществляется в процессе обработки путем пересчета двух компонент на другой угол.

Азимутальная платформа в определенной степени универсальна. При установке сейс-

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

моприемников в сегменты, разнесенные по азимуту на 120° при угле наклона к горизонту $35^\circ 20'$, может быть сформирована симметричная ортогональная 3-х компонентная установка (I, II, III) с одиночными сейсмоприемниками (вариант предложен Гальпериным Е.И.) [3]. Отметим, что все модификации ОГТ с использованием вертикальных сейсмоприемников мы рассматриваем как стандартную модификацию ОГТ.

Технология работ в поле при ВП ОГТ отличается от стандартной методики ОГТ тем, что при полевых работах используются две параллельные сейсмокоды: одна - для подключения I-го компонента азимутальной установки сейсмоприемников, другая - для подключения II-го компонента. При ВП ОГТ могут быть использованы любые источники возбуждения продольных волн. Что касается ориентации азимутальных установок, то линия профиля должна совпадать с линией, проходящей через центральные сегменты (сейсмоприемники) I, II компонентов.

ВП ОГТ прошло опытное опробование в различных сейсмогеологических условиях Поволжского региона на территориях: Оренбургского вала, Бузулукской впадины, Каменско-Золотовского участка, Прикаспийской впадины. Результаты, полученные на всех участках на продольных волнах (PP), свидетельствуют о большей эффективности предложенной методики по сравнению со стандартной методикой ОГТ [7].

С целью решения геологических задач за последние 5 лет по ВП ОГТ в сложных сейсмогеологических условиях выполнены производственные работы в объеме более 1200 п.км. Работы выполнялись в основном с ориентацией на выделение и использование продольных волн.

В условиях Старополья решалась задача изучения внутреннего строения палеозойского фундамента, с одновременной регистрацией и сравнительной оценкой данных стандартного ОГТ и ВП ОГТ. На рис. 1 приведены фрагменты временных разрезов по профилю Ха для стандартного ОГТ (рис. 1А) и ВП ОГТ (рис. 1Б). При обработке регионального профиля Ха в обеих модификациях использованы одинаковые системы наблюдения по ОГТ - фланговая расстановка сейсмоприемников $X_{\max} = 6.0$ км, $k = 60$, вибрационный источник - ЛЧМ свип-сигнал. При стандартной модификации ОГТ использованы группы вертикальных сейсмоприемников GS-20DX, при ВП ОГТ - двухкомпонентные азимутальные установки сейсмоприемников GS-20DX-1.

Сравнительная оценка временных разрезов показывает следующее.

Волновое поле на временном разрезе ВП ОГТ, освещающее толщу палеозойского фундамента, более просветленное, динамически более выраженное, чем на разрезе стандартного ОГТ. Здесь выделяются куполовидные

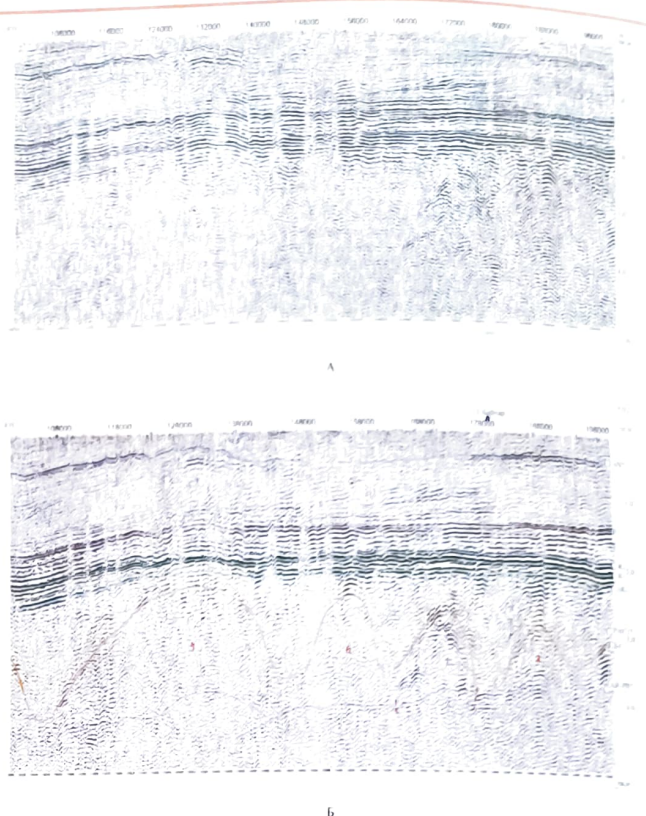


Рис. 1 Характер волновых полей, отображающих внутреннее строение палеозойского фундамента по профилю Ха на территории Ставропольского края: А- временной разрез стандартного ОГТ, $\Sigma 60$; Б- временной разрез ВП ОГТ, $\Sigma 60$.

структуры, в основании которых прослеживается относительно пологий горизонт с отображением надвигов и нарушений (рис. 1Б). Волновое поле стандартного ОГТ, освещающее палеозойский комплекс, чрезмерно заинтерферировано остаточным фоном помех, на котором можно выделить только структуры 7, 8, отображаемые наиболее сильными отражениями. Пологое подстилающее основание структур выделить практически невозможно. В условиях слабой дифференциации акустических жесткостей границы толщи фундамента за счет ослабления определенного класса помех при ВП ОГТ удается выделить слабые сигналы от границ этой толщи.

Модель строения палеозойского фундамента подтверждена двумя параллельными региональными профилями IXa, XIIIa, отработанными по ВП ОГТ. В результате, на территории Ставропольского края впервые получены сейсмические данные, по которым составлено новое представление о модели строения палеозойского фундамента - складчато-надвиговая модель строения. По результатам работ ОГТ прошлых лет на данной территории модель строения фундамента представлялась сильно дислоцированной средой, пронизанной хаотичными интрузивными образованиями.

В условиях развитой солянокупольной тектоники внутренней части бортовой зоны Прикаспийской впадины (Озинская зона, Саратовская область) в прошлые 70-80 годы был выполнен достаточно большой объем сейсморазведочных работ по стандартной методике ОГТ, но значимых подсоловых структур

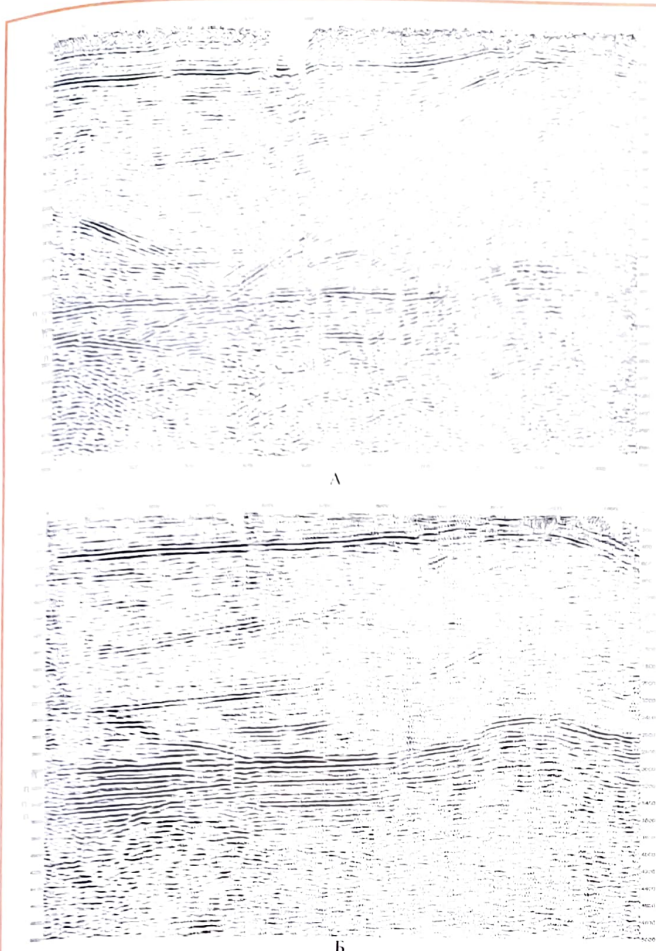


Рис. 2 Сравнительная оценка волновых полей для условий с развитой солянокупольной тектоникой (Озинская зона, Саратовская область)
А- Временный разрез стандартного ОГТ, профиль 30986-8, (сжважинный источник);
Б- Временный разрез ВПОГТ, профиль 006/1-0605-4 (вибрационный источник).

не выявлено. В 2006 году на этой территории поставлены работы ВП ОГТ по ряду профилей, которые позволили повысить качество временных разрезов. В частности, на временных разрезах ВП ОГТ заметно ослаблен уровень боковых и дифрагированных волн, выделяемых на временных разрезах стандартного ОГТ (профиль 30986-8, рис. 2А) и осложняющих прослеживание подсолевых горизонтов. По профилю 006/1-0605-4 на временном разрезе ВП ОГТ (рис. 2Б) все типы упомянутых выше волн-помех существенно ослаблены, качество прослеживаемости подсолевых горизонтов возросло. Линии профилей практически совпадают. Так ПК-1300 профиля 30986-8 совпадает с ПК-0 профиля 006/1-0605-4. Еще один пример, который характеризует качество выделения по данной территории надсолевых и подсолевых горизонтов на временных разрезах в пределах соляного купола на взаимно пересекающихся профилях под углом 15°: 011097-6, отработанного стандартной методикой ОГТ (рис. 3 А) и 006/1-0605-1, отработанного ВП ОГТ (рис. 3Б), (ПК-0 профиля 011097-6 соответствует ПК-6000 профиля 006/1-0605-1). Сравнительная оценка показывает, что преимущество волнового поля временного разреза ВП ОГТ очевидно.

В итоге работ по ВП ОГТ на данной территории по серии профилей с использованием наиболее информативных временных разре-

зов стандартного ОГТ выделена достаточно крупная Озинская структура по подсолевым отложениям.

Несмотря на положительные результаты внедрения ВП ОГТ, технология выполнения работ требует совершенствования. Использование сейсмостанции «Прогресс – 3» могло бы способствовать сокращению кабельного оборудования, поскольку к трехканальному полевому модулю данной сейсмостанции можно подключить три компоненты: вертикальный сейсмодатчик, устанавливаемый в центре азимутальной установки (АМУС), и компоненты наклоненных сейсмодатчиков I, II. Этот технологический вариант позволит одновременно получить информацию на продольных (РР) волнах вертикальным сейсмодатчиком (Зк.) и по высоконаправленному приему (ВП), оценить уровень сложных волн – помех, более эффективно их ослабить, повысить качество волнового поля полезной информации. Кроме того, этот технологический вариант предусматривает выделение по ВП волн поперечного типа (обменных волн PS).

Технология полевых работ еще более упростилась бы при создании трехканальных блоков бескабельной телеметрической сейсморегистрирующей системы (БТСС). Одноканальный вариант БТСС, разработанный ОАО «Саратовским СКБ сейсмического приборостроения», прошел полевые испытания (2010 г.) в Озинской зоне (отработано 123 п.км профилей), которые продемонстрировали работоспособность этой системы сбора данных, ее эффективность и перспективность.

Из зарубежных публикаций просматривается тенденция развития технологий сейсморазведки в направлении применения трехкомпонентных установок Z,X,Y с одиночными сейсмодатчиками и совместного использования волн продольного (Р) и поперечного (S) типов.

В статье Пола Брэтвуда [13] обсуждается новое направление – многоволновое отображение. Статья носит рекламный характер. На базе использования трехкомпонентных установок Z,X,Y в едином корпусе, оснащенных цифровыми одиночными акселерометрами – Vector Seis (разработка компании Input/Output [4]), перечисляются возможности совместного использования продольных (Р) и поперечных (S) волн: определение коллекторских свойств пород, изображение газонасыщенных толщ, определение типов флюида, идентификации литологических изменений пород и др. Под поперечным типом волн понимаются обменные отраженные волны. К сожалению, данные возможности использования Р и S волн в статье не подкрепляются какими-либо конкретными результатами. Не продемонстрирована

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

эффективность выделения волн поперечного типа (обменных PS волн).

Из данной статьи можно сделать вывод лишь о том, что в свете развития многоволновой сейсморазведки целесообразно использование трехкомпонентных установок с одиночными сейсмоприемниками, а при совместном использовании Р и S волн необходимо ориентироваться на обменные (PS) волны.

По неофициальным данным в результате применения датчиков Vector Seis на территориях РФ существенного прироста сейсмической информации не получено.

В СССР и России вопросами многоволновой сейсморазведки (МВС) начали заниматься с 50-х годов прошлого столетия. Но, несмотря на большие возможности МВС по изучению внутреннего состояния пород: вещественного состава, коллекторских свойств, флюидонасыщения и др. с раскрытием приемов возбуждения, регистрации и особенностей обработки материалов разнотипных волн, до настоящего времени широкого практического применения МВС не получила.

На начальном этапе геофизиками СО АН СССР, работавшими под руководством Пузырева Н.И., и его последователями большое внимание уделялось использованию поперечных волн SH типа [8-11]. Разрабатывались источники взрывного и невзрывного типа по возбуждению и регистрации SH волн. Был выполнен большой объем опытных работ, но широкого применения этот тип волн не получил. В дальнейшем, рядом специалистов под руководством Гальперина Е.И., Бродова Л.Ю. и др. вопросы применения волн поперечного типа ставились шире, в частности, проводились исследования по использованию волн SV типа и обменных волн PS [1-3, 8].

На наш взгляд использование поперечных волн SH типа при изучении глубоких горизонтов малоперспективно по причине их быстрого затухания с глубиной и необходимости применения специальных источников, которые либо громоздки, либо недостаточно эффективны. Этот тип волн целесообразно использовать при изучении ВЧР или неглубоко залегающих отражающих горизонтов.

При изучении глубоких горизонтов целесообразнее использовать обменные отраженные волны PS типа. Возбуждение PS волн не требует специальных источников, их регистрация возможна от любого типа источника возбуждения продольных волн. До границы отражения распространяется продольная (Р) волна, испытывая меньшее поглощение, на границе отражение претерпевает обмен на (S) волну, которая в таком качестве восходит к дневной поверхности. При этом, чем больше угол падения в интервале углов 0° - 45° на отражающую поверхность, тем интенсивнее

образуется S волна.

ВП ОГТ, как поляризационная модификация ОГТ, предназначена для эффективной регистрации как продольных (PP), так и обменных волн (PS). Однако основной упор в применении ВП ОГТ сделан на эффективное выделение и использование PP волн для решения геологических задач. Использование одновременно PP и PS вызывает большие трудности.

В зарубежных публикациях использование PS волн рассматривается как само собой разумеющееся. Никакие сложности в получении информации по PS волнам во внимание не принимаются, а примеры совместного использования Р и PS приводятся для простых моделей сред с небольшими глубинами залегания. В нашем опыте применения ВП ОГТ получить временной разрез PS представилось возможным только по профилю 029501 в Каменско-Золотовской зоне (Саратовское Правобережье) при глубинах залегания фундамента ≈ 4 км. Были выделены аномальные зоны (типа «Риф») по волновым полям Р и PS волн и пониженным значениям $\gamma = V_S/V_P$ (V_S и V_P скорости соответственно S и P волн) [7]. При этом были использованы нетрадиционные приемы обработки PS волн и составления временного разреза. На других территориях с более сложным строением изучаемых объектов (Ставрополье, Прикаспийская впадина и др.) сходу получить качественную информацию по PS волнам не пред-



Рис. 3 Характер волновых полей, в зоне выделения соляного купола (Озинская зона, Саратовская область)
А- временной разрез стандартного ОГТ, $\Sigma 60$, (вибрационный источник) по профилю 011097-6;
Б- временной разрез ВП ОГТ, $\Sigma 60$, (вибрационный источник) по профилю 006/1-0605-1.

ставилось возможным.

Одной из возможных причин неудачи - это использование вибрационных, а не импульсных источников. Для успешного использования PS волн необходим целый комплекс исследований и опытных работ.

Среди вопросов, которые нуждаются в проработке, можно назвать следующие:

- приемы регистрации S волн при изучении ЗМС (ВЧР) и получения статических поправок по поперечным волнам;
- учет асимметрии луча PS волн и суммирования PS волн по общим точкам обмена в процессе составления временных разрезов, создание соответствующего матобеспечения;
- выработка приемов отождествления горизонтов по P и PS волнам, связываемых с одной и той же границей раздела;
- выработка приемов ослабления поверхностных волн, которые на сейсмограммах PS волн значительно интенсивнее, а диапазон их кажущихся скоростей шире;
- приемы ослабления поперечных волн SV типа на сейсмограммах PS волн.

При работах ВСП (при непродольном профилировании) можно и нужно получать информацию о скоростях по S волнам.

Без успешного решения вышеперечисленных проблем, надеяться на широкое применение PS волн совместно с PP волнами нет никаких оснований.

Применение цифровых датчиков типа Vector Seis едва ли позволит повысить информационность разрезов продольных, а тем более обменных волн. Учитывая их высокую стоимость, перспектива их широкого применения не велика.

По мнению авторов, на данном этапе развития многоволновой сейсморазведки наиболее оптимальным вариантом является использование азимутальной платформы АМУС, которая обеспечивает высоконаправленный прием волн продольного и поперечного типа. Для получения надежной информации по PS волнам необходимо решить выше поставленные вопросы, которые не связаны с точностью регистрации трехкомпонентных записей.

В перспективе азимутальная многокомпонентная установка сейсмоприемников (АМУС) может быть модернизирована:

- уменьшены габариты платформы;
- на ее базе сформирована трехкомпонентная симметричная установка I,II,III с одиначными сейсмоприемниками (все компоненты этой установки ортогональны, но все они составляют с горизонтом угол $35^{\circ}20'$);
- симметричная трехкомпонентная установка могла бы быть оснащена пьезоэлектрическими датчиками и при использовании современных бескабельных технологий регистрации сейсмоданных могла бы быть реализована передача сигнала в цифровом виде;
- пьезодатчики могут быть разработаны и изготовлены ОАО «Саратовского КБ сейсмического приборостроения» (такой опыт у КБ имеется).

В таком виде трехкомпонентная установка могла бы стать альтернативой Vector Seis, причем в отличие от Vector Seis при применении азимутальной установки I,II,III может быть реализован высоконаправленный прием про-

дольных и обменных волн.

К сожалению, в последние годы научно-исследовательские и опытные работы практически не финансируются госбюджетом.

Для решения наиболее важных вопросов, связанных с эффективным использованием волн продольного и поперечного типов, была бы целесообразна постановка исследовательских и опытных работ по данному направлению как часть работ в рамках контрактов «Роснедра» на геологоразведочные работы. В противном случае, так и будем пользоваться дорогостоящими зарубежными образцами, далеко не идеальными по возможностям решения сложных геологических задач.

Литература:

1. Бродов Л. Ю. Некоторые вопросы возбуждения поперечных волн. - В кн.: Поперечные и обменные волны в сейсморазведке. М., «Недра», 1976, с. 81-89 с ил.
2. Гальперин Е. И. Вертикальное сейсмическое профилирование. М., изд-во «Недра», 1971.
3. Гальперин Е. И. Поляризационный метод сейсмических исследований. М., «Недра», 1977.
4. Жгенти С. А., Смирнов Д. Н. Новейшее оборудование INPUT/OUTPUT делает наземную 3-х компонентную сейсморазведку высокопроизводительной и надежной. Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратовское отделение ЕАГО, №03(05), 2003.
5. Куколенко О.В. Патент СССР № 1329410. Способ регистрации сейсмических колебаний/ Бюл. № 29, 1987 г.
6. Куколенко О. В. Обоснование высоконаправленного приема волн по признаку поляризации. Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратовское отделение ЕАГО, №03(05), 2003.
7. Куколенко О. В., Живодров В. А., Селезнев В. А., Резепова О. П. Технология работ по высоконаправленной поляризационной модификации ОГТ (ВП ОГТ). Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратовское отделение ЕАГО, №03(05), 2003.
8. Пузырев Н. Н., Бродов Л. Ю. Оценка эффективности возбуждения поперечных волн. - «Геология и геофизика», 1969, №5, с. 81-88 с ил.
9. Пузырев Н. Н., Кефели А. С., Лебедев К. А. Возбуждение поперечных волн в скважинах. - «Геология и геофизика», 1968, №10, с. 82-92 с ил.
10. Пузырев Н. Н., Тригубов А. В., Бродов Л. Ю., и др. Сейсмическая разведка методом поперечных и обменных волн. - М.: Недра, 1985.
11. Пузырев Н. Н., Тригубов А. В., Лебедева Г. Н. Трехкомпонентная регистрация сейсмических волн различных типов от симметричных и несимметричных источников. - В кн.: Экспериментальные и теоретические исследования отраженных волн. Новосибирск, «Наука», 1975, с. 5-28 с ил.
12. Denis Mougnot 3C Акселерометры на базе MEMS для Наземной сейсмической Разведки. Пришло ли их время? Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратовское отделение ЕАГО, №03(05), 2003.
13. Пол Брэтвуд Многоволновое изображение. Шаг к исчерпывающему отображению среды (www.iongeo.com)

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Суммирование данных, полученных разнородными датчиками

Д.А.Мамаев, ООО «Донгеофизика», пгт. Тарасовский, Ростовской области

Датчик давления в морской косе всегда записывает два поля волн, которые взаимно интерферируют. Эти два поля волн – поле давления восходящих волн, которые распространяются непосредственно к датчику давления снизу и поле давления нисходящих отраженных волн, распространяющихся вниз от свободной поверхности (поверхности моря) непосредственно над косой. Таким образом, каждому зарегистрированному отраженному импульсу в морских косах сопутствует отражение-спутник от поверхности моря. Отраженный импульс нежелательно удлиняется, что снижает временное разрешение. Во всем мире принято использовать в транзитных зонах датчики двух типов, которые позволяют избавиться от нежелательного влияния волн-спутников[1]. Повышение временной разрешенности, в свою очередь, повышает дифференцируемость разреза и, следовательно, увеличивает точность геологической интерпретации разреза. Однако необходимость использовать датчики с приведенными характеристиками приводит к значительному удорожанию аппаратуры. Следовательно, существует необходимость в математическом приведении характеристик зарегистрированного сигнала.

Сигналы, зарегистрированные этими датчиками, разнородны по природе и имеют различные характеристики. Если различие фазовых характеристик относительно постоянно и составляет 90 градусов [2], то различие АЧХ носит более сложный характер.

Для начала несколько слов о природе различий. Геофон, датчик скорости смещений (велосиметр), регистрирует вертикальную компоненту скоростей смещений, то есть первую производную от координаты. В спектре сигнала, зарегистрированного датчиком скорости, преобладают низкие частоты (10-20 Гц). Гидрофон, датчик давлений, регистрирует давление, которое является линейной функцией от ускорения, т.е. второй производной координаты, чем и обусловлен фазовый сдвиг в 90 градусов. В то же время в спектре сигнала гидрофона преобладают высокие частоты (90-120 Гц), что подтверждает регистрацию более высокой производной.

Для суммирования сигналов этих двух датчиков требуется приведение одного сигнала к другому. То есть необходимо произвести пересчет производной и уровня сигнала. Критериями эффективности алгоритма могут служить: ширина спектра сигнала, соотношение сигнал/шум и степень подавления кратных, связанных с волной-спутником.

Первым очевидным методом приведения является численное интегрирование сигнала гидрофона с последующей нормиров-

кой по среднему уровню. Метод показал свою жизнеспособность, однако имеет существенный недостаток — понижение производной приводит к смещению спектра полезного сигнала в область низких частот. Следовательно, ни о каком расширении спектра речи нет. Потеря высоких частот приводит к понижению разрешающей способности.

Вторым, не менее очевидным методом, является численное дифференцирование сигнала геофона, то есть пересчет к более высокой степени производной с последующей нормировкой. Как результат — наблюдается смещение в область высоких частот, то есть ожидаемого расширения спектра так и нет. Смещение в область высоких частот приводит к потере глубинной информации. В отличие от сигнала гидрофона, информация об ускорениях, содержащаяся в сигнале геофона, носит интегральный характер. Это означает, что фактический сигнал суммируется с теоретическим.

Исходя из предыдущих примеров, очевидна необходимость алгоритма, который не нанесет ущерба спектральному составу волн. Если рассмотреть сейсмический сигнал как полигармонический, коим он в сущности и является, то возможно провести интегрирование каждой гармоники вращением на 90 градусов, а затем привести по уровню сигнал. Математически сдвинуть фазу всех гармоник на $\pi/2$ несложно с помощью преобразования Гильберта. Однако, сигнал, приведенный подобным образом, после суммирования дает наихудший результат. Спектр результирующего сигнала в данном случае наиболее широкий, при этом соотношение сигнал/шум не уступает предыдущим алгоритмам. Минус этого алгоритма состоит в отсутствии какого-либо подавления волны-спутника, то есть теряется смысл применения двухкомпонентных сейсмодатчиков.

Такой плачевный результат последнего

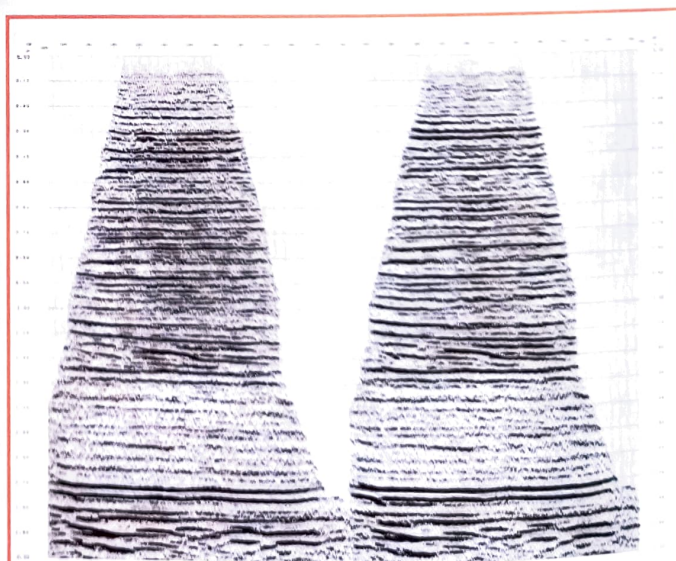


Рисунок 1. Разрез, построенный по датчикам двух типов: а) с нормировкой средней амплитуды, б) после обратной фильтрации.



Рисунок 2. Разрез, построенный: а) только по геофонам, б) только по гидрофонам, в) по датчикам двух типов после адаптивной фильтрации.

подхода связан отнюдь не с некорректным приведением производной, а с приведением сигнала по уровню. Приведение по уровню проводилось вычислением матожидания каждого сигнала и доумножением всех отсчетов на масштабный коэффициент. Как следствие, одна и та же волна-спутник, зарегистрированная разными датчиками, вносит различные вклады в спектр и при сложении не подавляется (рис. 1а).

Исходя из спектрального состава сигналов, целесообразным выглядит конструирование обратного виннеровского фильтра. Но для его синтеза необходимо иметь достаточно информации о форме полезного сигнала, что, к сожалению, зачастую доступно не в полной мере. Попытки его синтезировать привели к

выполнению условий расширения спектра и подавления кратных, но к ухудшению соотношения сигнал/шум (рис. 1б).

Окончательным вариантом стало формирование адаптивного оптимального фильтра на основе расчета обратного виннеровского. Сигналы, прошедшие фильтрацию, были просуммированы, а суммарный сигнал отвечает требованиям по всем критериям эффективности (рис. 2в).

Литература:

1. Claerbout, J.F. «Fundamentals of geophysical data processing». Blackwell Science, 1976 – 274 pp.
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. «Сейсморазведка» Тверь, издательство АИС, 2006. – 744с.

EAGE

EUROPEAN
ASSOCIATION OF
GEOSCIENTISTS &
ENGINEERS



Совместный EAGE&SPE Семинар

Планирование и сопровождение бурения (строительства) скважин: современное состояние геолого-геофизических методов

19-22 Апреля, 2011 г., Москва, Россия

22 апреля в рамках семинара будет проведен курс (проект ОТЕ 2):
Микросейсмический мониторинг-инструмент изучения природных коллекторов

Автор: Профессор С.А.Шапиро

Возможна регистрация на курс без посещения семинара.

Обращаем ваше внимание - количество участников семинара ограничено. Пожалуйста, регистрируйтесь заранее.

www.eage.ru
www.eage.org

Окончание регистрации 1 апреля 2011 года

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

КАТАЛОГ ПРЕДПРИЯТИЙ и ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ПОИСКА НЕФТИ и ГАЗА



Первый в России

каталог отечественных предприятий и оборудования
для геофизических исследований при поиске нефти и газа

- содержит более 300 наименований
- материал представлен в удобной для читателей форме
- включает контактную информацию по производителям

Заказать каталог можно по e-mail: paturlov@mail.ru

Методика адаптивной вибрационной сейсморазведки (АВИС) рассматривается как средство повышения разрешённости сейсмической записи и средство повышения соотношения сигнал/помеха. Методика построена на использовании нелинейных свип-сигналов, адаптированных к сейсмогеологическим условиям каждой площадки возбуждения на профиле. Адаптация осуществляется в автоматическом режиме на базе использования специализированных блоков управления вибраторами GDS-1 (разработка ООО «Геофизические системы данных») и специального программного обеспечения. Благодаря автоматической адаптации параметров свип-сигнала к меняющимся вдоль профиля условиям возбуждения достигается эффект расширения спектра сигнала и, соответственно, повышения разрешённости поля отраженных волн, а так же стабилизация формы и динамических характеристик сигнала вдоль профиля.

Адаптивная вибросейсморазведка (АВИС) в условиях неоднородного строения ВЧР

Жуков А.П., Тищенко И.В., Гринин П.А., Телков М.П., Тищенко А.И., Калимулин Р.М., Горбунов В.С., ООО «Геофизические системы данных», г.Москва

В настоящее время сейсморазведка методом «Вибросейс» занимает ведущее место в мире и в России по объемам выполняемых полевых работ и значительно превосходит объемы, выполняемые взрывным способом и с другими типами невзрывных источников.

Хорошо известны преимущества и недостатки этого метода.

К преимуществам относятся высокая производительность метода и возможность гибкого управления параметрами свип-сигнала для достижения высокой разрешённости волнового поля и энергетического соответствия.

Ограничения метода связаны с трудностями «закачки» высокочастотных составляющих спектра свипа в глубокие слои геологического разреза. Основные препятствия на этом пути связаны с условиями контакта возбудителя вибратора (плиты) с грунтом и с поглощающими свойствами верхней части геологического разреза (ВЧР), которая часто не пропускает высокие частоты в глубинную часть разреза.

Известны многочисленные методические разработки, направленные на повышение доли высоких частот в спектре посылаемого свип-сигнала. Прежде всего, речь идёт о методике использования нелинейных свипов, при которой непропорционально увеличивается время генерации высо-

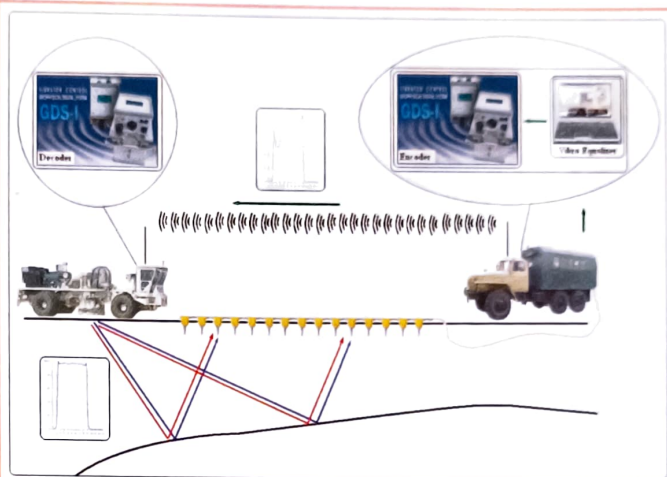


Рис. 1. Схема работ по технологии адаптивной вибрационной сейсморазведки (АВИС).

кочастотных компонент свипа в процессе возбуждения сигнала /Жуков А.П., Шнеерсон М.Б. «Адаптивные и нелинейные методы вибрационной сейсморазведки», М.изд.Недра, 2000/.

Трудности практической реализации этого подхода были связаны с неудобствами ручной перенастройки параметров нелинейного свипа к меняющимся вдоль профиля сейсмогеологическим условиям. Обычно, для всей площади работ использовался один тип нелинейного свипа, выбранный на участке проведения опытных работ. При этом, конечно, не удалось на всех участках площади

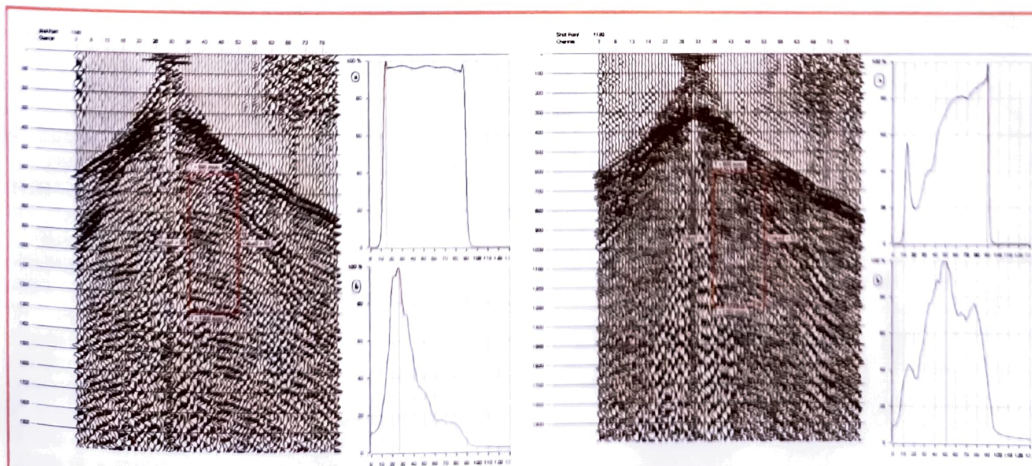


Рис.2. Сравнение коррелограмм и их спектров (сверху АЧХ свипа, снизу — АЧХ поля отраженных волн)
1) линейный свип-сигнал 10-92 Гц;
2) адаптированный свип-сигнал.

СУПЕРВАЙЗИНГ
В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

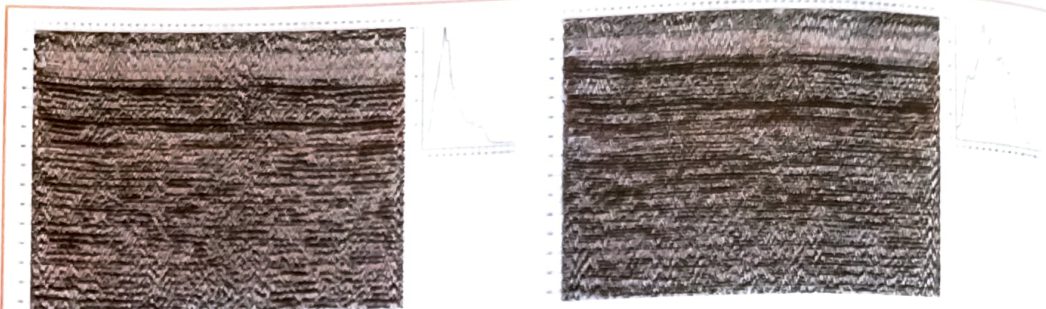


Рис. 3. Сравнение предварительных ВР, полученных с линейным (а) и адаптированным свип-сигналом.
а) Предварительный временной разрез и амплитудный спектр в окне (линейный свип-сигнал 10-92 Гц)
б) Предварительный временной разрез и амплитудный спектр в окне (адаптированный свип 10-92 Гц)

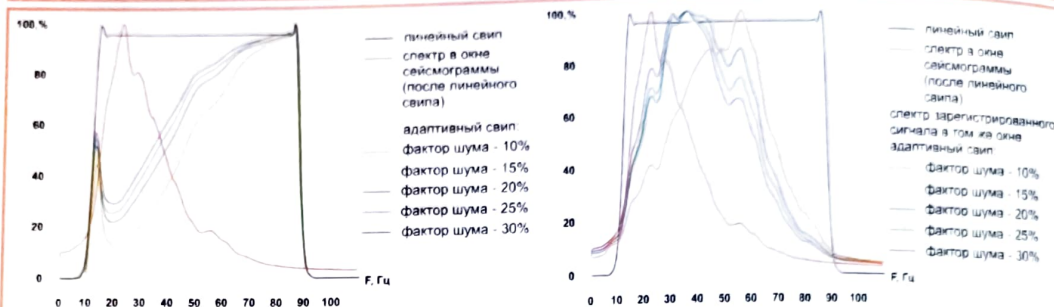


Рис. 4. Изменение АЧХ свип-сигнала (а) и записи (б) в зависимости от настройки уровня адаптации с использованием параметра «фактор шума».

достичь ожидаемого результата.

Ситуация изменилась с появлением системы управления вибраторами «GDS-1». Помимо блоков управления, эта система включает также и необходимое программное обеспечение, обеспечивающее автоматизированный «real time» контроль спектра регистрируемого поля отраженных волн, формирование корректирующего нелинейного свип-сигнала и передачу его на виброисточники. Можно говорить о том, что таким образом на физическом уровне в процессе возбуждения посылки осуществляется обратная фильтрация волнового поля, расширение его спектра, компенсирующее фильтрующее влияние неоднородного строения ВЦР.

Принципиальная схема реализации технологии адаптивной вибрационной сейсморазведки пред-

ставлена на рис. 1. Первая посылка на каждом пункте возбуждения выполняется с линейным свипом в выбранной полосе частот. По зарегистрированной при этом сейсмограмме в окне целевых отражений рассчитывается амплитудно-частотный спектр (АЧС) и выполняется его инверсия. Свип, соответствующий инвертированному сигналу, посылается для реализации на источнике. Таким образом, все последующие воздействия на данном пункте возбуждения становятся адаптированными к условиям данной площадки.

Сравнение коррелограмм и их спектров, полученных на полигоне Гаврилов Ям в Ярославской области, с линейным и адаптивным свип-сигналом представлено на рис. 2. Очевидно преимущество адаптивного сигнала, который обеспечивает регистрацию более высокочастотного и более выровненного спектра. Этот же эффект прослеживается и на уровне предварительных суммарных разрезов (рис. 3).

Одним из основных настроечных параметров системы адаптации является параметр «уровень белого шума», задаваемый в процентах от максимума амплитудного спектра сейсмограммы. Этот параметр регулирует степень жесткости инвертирования зарегистрированного спектра сейсмограммы и работает аналогично соответствующему параметру процедуры «деконволюция», применяемой при обработке сейсмических данных на ВЦ. Чем ниже задаваемый уровень «белого шума», тем жестче работает адаптация. Отмеченная закономерность наглядно продемонстрирована на Рис. 4. На рис. 4, а показан спектр линейного свип-сигнала в заданном диапазоне частот, спектр отраженных волн, обедненный за время про-

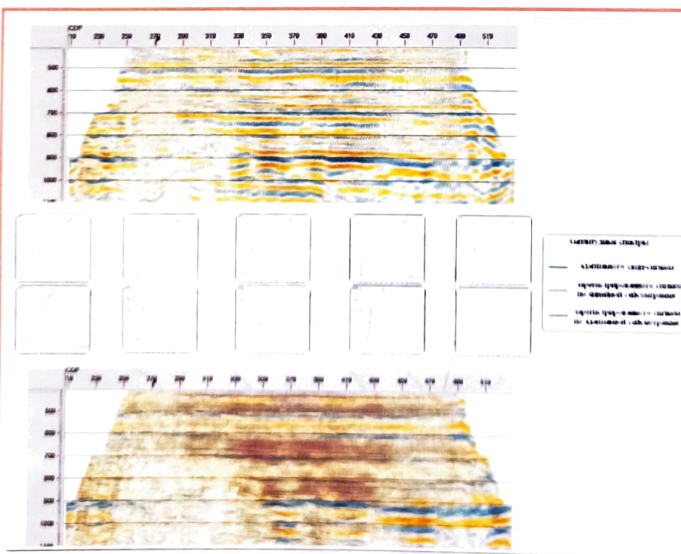


Рис. 5. Изменение формы спектра генерируемого свип-сигнала и зарегистрированного сигнала вдоль профиля.
Верхний рис.: ВР с линейным свип-сигналом;
Нижний рис.: ВР с адаптивным свип-сигналом.

среде, и спектры адаптированных свипов при различных параметрах фактора шума. На рис.4,6 представлены спектры отраженных волн, соответствующие различным параметрам посылки. С уменьшением фактора шума повышается доля высокочастотной части спектра.

В процессе проведения опытных работ производится выбор всего двух основных параметров автоматизированной системы управления свип-сигналом: выбор диапазона рабочих частот свипа и фактора шума. Следить нужно лишь за тем, чтобы излишне не усилить шумовую составляющую спектра в области высоких частот.

Особенно наглядно эффективность адаптивной вибросейсморазведки (АВИС) можно проследить по изменению спектра генерируемого (верхний ряд) и регистрируемого (нижний ряд спектров) сигналов на различных участках профиля (рис.5). Генерируемый свип-сигнал отличается заметной изменчивостью вдоль профиля, то есть адекватно реагирует на изменение поверхностных сейсмогеологических и контактных условий вдоль профиля. При этом спектр регистрируемого волнового поля (синяя линия) заметно расширяется и выравнивается по сравнению с соответствующим спектром от линейного свипа (показан красным цветом). Соответствующим образом различаются и предварительные разрезы, представленные на том же рисунке. Этот же вывод подтверждается и на материалах другого профиля, отработанного в пределах Жигулевско-Пугачёвского свода в условиях существенной неоднородности ВЧР (рис.6.). Левая часть профиля расположена в условиях относительно стабильного строения ВЧР, а правая в пойменных условиях неоднородного строения ВЧР. Совокупность свипов правой части профиля характеризуется большей дисперсией, чем аналогичная подборка в первой половине профиля.

Естественно, что различие предварительных разрезов, полученных с линейным и адаптированным свипами, значительно больше, чем различие окончательных разрезов, полученных с применением полного графа обработки, включающего процедуры обратной и многоканальной фильтрации до суммирования. Причина этого заключается в широком динамическом диапазоне современных регистрирующих систем и в способности деконволюции «вытягивать» высокочастотные составляющие спектра сигнала при отношении сигнал/регулярная помеха 0,01 и ниже. Единственным условием при этом является требование отношения «сигнал/нерегулярная помеха» на уровне не ниже 2-3 единиц. Но даже в таких условиях применение адаптированных свип-сигналов вполне оправдано, поскольку исключается возможность ухудшения качества, стабилизируется и расширяется спектр записи, повышается соотношение сигнал/помеха, даже если эти эффекты и незаметны на глаз. На рис.7. показано сравнение

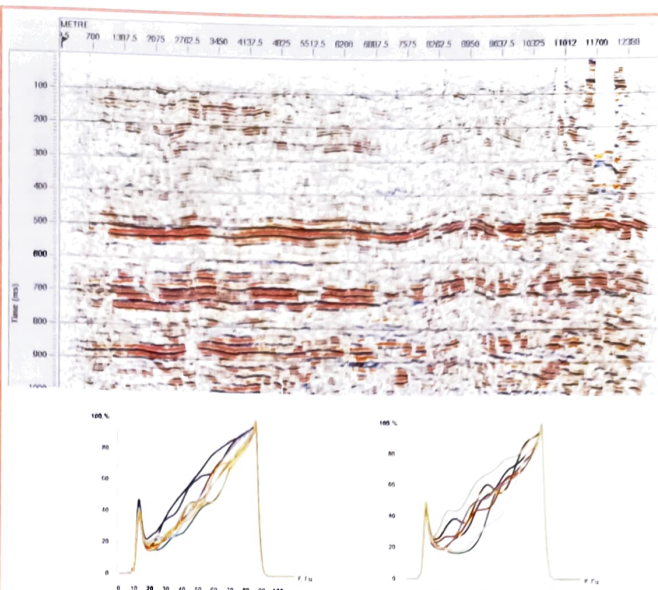


Рис. 6. Различный характер адаптивных свип-сигналов на стабильном участке профиля (слева) и в условиях неоднородного строения ВЧР (справа).

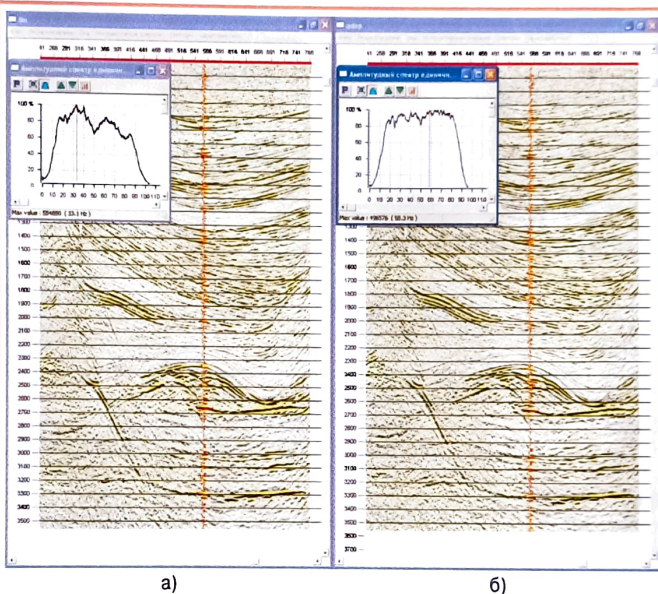


Рис.7. Сравнение «линейного» (а) и «адаптированного» (б) временных разрезов, и их спектров, полученных в условиях солянокупольной тектоники после глубокой кинематической обработки.

временных разрезов после полной кинематической обработки с линейным и адаптированным свипами, полученных в условиях глубокого разреза солянокупольной тектоники. Даже в этих условиях при сопоставлении спектральных характеристик разрезов мы наблюдаем на «адаптированном» разрезе определённые преимущества.

Выводы

- теоретические предпосылки и первые экспериментальные данные применения технологии АВИС свидетельствуют о возможностях существенного повышения эффективности вибрационной сейсморазведки в условиях неоднородного строения ВЧР;
- рекомендуется продолжить экспериментальные и производственные исследования эффективности технологии АВИС в различных сейсмогеологических условиях с оптимизацией методики автоматизированной настройки параметров адаптации системы управления GDS-1.

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



В 2010 году по заказу Федерального агентства по недропользованию завершена разработка и апробация нормативного документа «Свод технологических правил производства сейсморазведочных работ, выполняемых за счёт средств федерального бюджета». Апробация этого документа выполнена в Федеральных государственных унитарных предприятиях и в Территориальных органах Роснедра. Свод правил рассчитан на специалистов геофизиков и геологов предприятий, выполняющих работы по заказам Роснедра. Свод правил является важным документом системы контроля качества работы по заказам Роснедра. Свод правил предназначен на изучение глубинного геологического строения, оценку перспектив нефтегазоносности и определение первоочередных районов и скопления для постановки поисковых работ на нефть и газ на конкретных объектах. Правила определяют: оптимальный порядок проведения работ как собственно региональных сейсморазведочных, так и сопутствующих (топографо-геодезических, буровых, взрывных, опытных и т.д.); технические требования к аппаратуре, методике работ, формам отчетности; основные требования к обработке полевых материалов; требования к интерпретации сейсмических материалов и составлению геологического отчета.

Свод правил - как современный инструмент повышения качества и эффективности сейсморазведочных работ

Жуков А.П., Тищенко И.В., Ерхов В.А., Михальцев А.В., ООО «Геофизические системы данных», г. Москва

Проблема создания системы повышения эффективности региональных сейсморазведочных работ приобретает всё большую актуальность. Сейсморазведка, бурение, испытание и исследование скважин составляют основу геологоразведочных работ (ГРП) в России при решении проблемы наращивания и долгосрочного управления ресурсами и запасами нефти и газа. Ни одна параметрическая и поисково-разведочная скважина не закладывается под бурение без использования данных сейсморазведки МОГТ. В некоторых случаях, когда речь идет о ловушках неструктурного типа, доля сейсморазведки может достигать 30% объемов ГРП.

Однако не все так просто с результативностью методов сейсморазведки даже в таком хорошо известном регионе как Западная Сибирь. Неудачные результаты бурения 38% скважин здесь связывают с ошибками проведения сейсморазведочных работ, в том числе 23% с несовершенством методики и технологии работ и 13% со случаями нарушения технологической дисциплины.

Главная из причин, помимо «человеческого фактора», состоит в том, что большая часть документов нормативно-технического характера была разработана до 1990 г и не соответствует изменившимся техническим, методическим, а также правовым условиям проведения сейсморазведочных работ и поэтому не в состоянии воздействовать на содержание и качество геологических задач, решаемых методами сейсмической разведки.

Так, например, основной отраслевой технической документ «Инструкция по сейсморазведке», фактически действующий до сих пор, был утвержден Министерством геологии СССР в 1985 г! Она не регламентировала проведение работ по новейшим технологиям сейсморазведки (МВС-многоволновая сейсморазведка, ВРС-высокоразрешающая сейсморазведка, 3D-объемная сейсморазведка и др.). Вопросы контроля и оценки качества сейсмограмм и сейсморазведочных работ в целом решались на основе упрощенных визуальных оценок экспертов. Максимальное количество каналов сеймостанции не превышало 48-96, а качество сейсмограмм оценивалось по 3-м категориям: «Отлично», «Удовлетворительно» и «Брак».

Попытка Минэнерго РФ в 2000 году пересмотреть, усовершенствовать и дополнить инструкцию по сейсморазведке оказалась неудачной. Техническая инструкция по наземной сейсморазведке при проведении работ на нефть и газ, подготовленная специалистами Минэнерго РФ и МПР РФ в 2000 г, была отклонена Минюстом РФ по причине содержания в ней элементов правовых норм, касающихся формулировки условий договора между Заказчиком

и Исполнителем работ, вопросов управления хозяйственной деятельностью предприятий, требований иметь государственные лицензии на проведение соответствующих видов деятельности, определения должностных обязанностей работников сейсморазведочных работ, рекомендаций по вопросам авторских прав и их защиты.

Вместе с тем, необходимость в разработке документов такого рода, обеспечивающих техническую возможность внедрения в производство геологоразведочных работ на нефть и газ новых методов, технологий и аппаратно-технических средств получения, обработки, интерпретации информации и повышения эффективности сейсморазведочных работ в целом, по-прежнему не теряет своей актуальности.

Особенно важно обеспечить высокий технологический уровень проведения полевых работ и высокое качество получаемых в поле сейсмограмм. Почему?

Во-первых, затраты на проведение полевых сейсморазведочных работ составляют сегодня порядка 80% от стоимости полного цикла сейсморазведочных работ, включающих также обработку и интерпретацию данных. Потеря или снижение качества полевых данных ведёт к большим экономическим потерям, ограничивает использование технологий динамической интерпретации данных сейсморазведки, таких как сейсмическая инверсия, прогнозирование фильтрационно-емкостных свойств коллекторов, AVO-анализ (изучение зависимости амплитуд отраженных волн от расстояния источник-приемник или угла падения), атрибутивный, сеймо-стратиграфический и структурно-формационный анализы и др., без которых сегодня невозможно построение достоверной геофизической модели геологического строения изучаемых территорий.

Во-вторых, в связи с возросшим уровнем технической оснащённости сейсморазведочных работ, проявляющейся в использовании сверхмногоканальных телеметрических систем, сейсморазведочных систем с улучшенными техническими характеристиками и высокопроизводительной конвейерной технологии 2D и 2D3C съёмки кратностью 60 и более единиц, обеспечивающей получение значительного количества сейсмограмм за одну смену, исполнители работ стали уделять меньше внимания вопросам оптимизации методики и параметров съёмки, т.е. выбору оптимальных параметров возбуждения и приёма сигналов, параметров системы наблюдений, условиям установки сейсморазведочных систем и др., уповая на возможности получения избыточной кратности перекрытия отражающих границ с последующей отбраковкой «плохих» данных.

В-третьих, применение сверхмногоканальных телеметрических систем, высокочастотных систем наблюдений, высокопроизводительных конвейерных технологий на несколько порядков увеличило объём регистрируемой сейсмической информации, что требует применения автоматизированных систем контроля и оценки её качества, причём не только технического, но и геофизического, что не отражено в действующих нормативных документах по сейсморазведке.

В-четвёртых, объёмы сейсмических съёмки выполняются сервисными геофизическими компаниями по заказу Федерального агентства по недропользованию и Департаментов по недропользованию территориальных органов (Заказчиков), не имеющих возможности собственными силами обеспечить контроль качества полевых данных, без которого не может быть достоверно оценено качество сейсморазведочных работ в целом. В этих случаях, в соответствии со сложившейся в мире практикой, Заказчики стали привлекать независимых супервайзеров (специалистов или фирмы) для осуществления оперативного контроля и повышения качества, получаемых в поле сейсморазведочных данных и результатов их обработки и интерпретации. В настоящее время действия супервайзеров регламентированы в приложении к Приказу Федерального агентства по недропользованию № 370 от 24.04.2009 г. «Об организации сопровождения геологоразведочных работ на нефть и газ, выполняемых за счет средств федерального бюджета», но в нём не отражены правила взаимодействия в триаде Заказчик – Супервайзер – Подрядчик. В целом же мероприятия, проводимые в рамках данного приказа, по нашему мнению, себя оправдали и не требуют существенной корректировки.

Последнее десятилетие в мире характеризуется бурным развитием технологии контроля качества (QC) в направлении от простого визуального контроля через многопараметрический атрибутивный анализ волнового поля до выполнения в поле экспресс-обработки с получением мигрированных разрезов ОСТ (общая средняя точка).

В Своде правил этим вопросам также уделяется большое внимание. Наряду с традиционной оценкой «технического качества» рекомендуется более широко применять автоматизированные способы оценки «геофизического качества», которое подразумевает контроль основных характеристик сейсмической записи: соотношения «сигнал/помеха», доминантной частоты, ширины спектра, энергии генерируемого волнового поля и др. При этом мы отказываемся от использования вышеупомянутой трехбалльной системы визуальной оценки качества сейсмограммы в пользу широкодиапазонной шкалы оценок. Применение такой шкалы позволяет более точно и объективно оценивать и анализировать причины ухудшения качества материала на отдельных участках профиля и площади в целом.

Введённый в действие с 01.01.2011 года ГОСТ-Р 53579-2009 «Система стандартов в области геологического изучения недр (СОГИН). Отчет о геологическом изучении недр. Общие требования к содержанию и оформлению отчёта» для своего эффективного применения требует уточнения и детализации (конкретизации) требований, предъявляемых к содержанию Отчёта о геологическом изучении недр и к перечню прилагаемых к нему фактических материалов и учитывающих новые технические, методические и геологические возможности современных технологий полевых сейсморазведочных работ, обработки и интерпретации их данных.

Все вышесказанное и выход Федерального закона от 30.12.2009г. № 385-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О техническом регулирова-

нии» предопределили необходимость разработки свода технологических правил с требованиями к производству сейсморазведочных работ применительно к использованию современных технологий, выполнение которых обеспечивает получение наиболее полной информации о геологическом разрезе, что в целом позволит определить инвестиционную привлекательность недр и оценить, где Россия должна развиваться быстрее.

Вышеуказанные ограничения, свойственные действующим в отрасли нормативным документам, были устранены в созданном Своде технологических правил.

Свод правил разработан на основе многолетнего опыта проведения сейсмических исследований в регионах с различными сейсмогеологическими условиями с применением широко апробированных современных технологий работ. Было проанализировано более 160 печатных работ и фондовых отчетов и зарубежных материалов, в том числе более 50 из них были инструктивные и нормативно-методические.

Целевое назначение разработанного свода правил – это повышение эффективности и достоверности проводимых сейсморазведочных исследований, данные которых являются основой создания геологических моделей нефтегазоносных районов и площадей для оценки прогнозных и перспективных ресурсов углеводородов по категориям D1 (локализованные) и D2 (перспективные) в зависимости от изученности и геологического строения площади (Приказ Роснедра от 01.11.2005 г. № 298 «Об утверждении классификации запасов и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов»).

При этом правила решают следующие задачи:

- определение оптимального порядка и параметров проведения сейсморазведочных полевых работ;
- формулировка требований к аппаратуре, техническим средствам, методике работ, контролю их качества и формам отчетности;
- формулировка основных требований к обработке полевых материалов (подготовка материалов и документации для обработки, этапы, графы и параметры обработки, контроль качества обработки);
- регламентация требований к интерпретации сейсмических материалов (требования к исходной информации, процедурам и содержанию интерпретации, типам результативных геолого-геофизических моделей и способам их построения) и составлению геологического отчёта.

Повышение эффективности сейсморазведочных работ при поисках нефти и газа во многом зависит не только от внедрения в производство геологоразведочных работ новых методик и аппаратно-технических средств получения, обработки, инверсии, интерпретации информации, но и от совершенствования и внедрения системы контроля качества производства сейсморазведочных работ и оценки качества их материалов, которые должны проводиться на каждом этапе работ и должны быть документально оформлены. Требования к организации системы контроля и оценки качества сейсморазведочных работ и их материалов, а также к её реализации и параметрам отражены во всех основных разделах свода правил применительно как к основному циклу работ, так и работ, сопутствующих получению сейсмических данных (топогеодезические, буровзрывные, подготовка невзрывных источников, прокладка сейсмических профилей на местности и т.п.). При этом сформулированы требования к оценке как технического, так и геофизического качества сейсмических материалов.

В «Своде правил» изложены не только основные

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



требования, методы и параметры по современным технологиям проведения полевых сейсморазведочных работ (стандартная МОВ-ОСТ (метод отраженных волн - общая средняя точка), ВРС, МВС), но и существенно расширены и детализированы, по сравнению с утверждёнными нормативно-инструктивными документами, требования к обработке и интерпретации сейсмических данных с целью использования получаемых результатов для регионального прогноза нефтегазоносности и поисков месторождений углеводородов.

В разделе Свода правил, посвящённом обработке сейсмических данных, акцент сделан на требованиях к обработке, выполнение которых должно обеспечить повышение отношения сигнал/помеха, сохранение широкой рабочей полосы частот зарегистрированных колебаний и применение оптимальных графов обработки, обеспечивающих получение динамических разрезов ОСТ, на которых изменения амплитуд отражённых волн отражают изменения акустических свойств отражающих границ. Приведены рекомендуемые составы процедур в графах препроцессинга, кинематической стандартной, кинематической детальной динамической (специальной) обработки), а также регламентированы приёмы контроля качества обработки.

Интерпретация (истолкование) результатов обработки сейсмических данных должна заключаться в определении по ним моделей и свойств геологической среды, согласующихся с априорной геолого-геофизической информацией, данными бурения и ГИС. При истолковании сейсмических данных должны, как указано в «Своде правил», итеративно сочетаться два взаимосвязанных вида интерпретации:

- геофизическая, основанная на решении обратных кинематических и динамических задач и на прогнозировании геологических параметров среды (структурных, вещественных, флюидных) непосредственно по сейсмическим параметрам и атрибутам (структурные построения, прямые поиски, ПГР, атрибутный и АВО анализ и др.), без сопровождающего генетического анализа геологических объектов и процессов;
- геологическая (сейсмо- и сиквенс-стратиграфическая, сейсмострофикационная и др.), основанная на анализе геологических процессов формирования разреза и заключающаяся, в конечном счёте, в построении по данным сейсморазведки моделей геологического разреза: структурно-тектонической, стратиграфической, формационной, седиментационно-ёмкостной и нефтегазоносности.

В «Своде правил» регламентированы, хотя и не так жёстко как в других узкоспециализированных документах, основные требования к исходным данным, процедурам и результатам этих двух видов интерпретации.

В разделе «Геофизическая интерпретация», помимо таких традиционных её этапов как корреляция, построение скоростной модели среды, построение карт, оценка точности структурных построений, существенное внимание уделено требованиям к процедурам и параметрам атрибутного анализа, который проводится с целью извлечения информации для количественных способов прогноза состава и свойств пород, выявления и трассирования локальных аномалий и других особенностей строения геологических сред.

Сформулировано требование о том, что результатом геологической интерпретации должны быть зональные и локальные геологические модели исследуемых интервалов разреза и объектов. Обязательными из них являются структурно-тектоническая модель (СТМ), стратиграфическая модель

(СТРМ), сейсмострофикационная модель (СФМ) и седиментационно-ёмкостная модель (СЕМ), на основе которых может быть получена оценка параметров нефтегазоносности целевых объектов. Сформулированы также требования к исходным данным и составу процедур процесса построения данных и типов моделей и формам их представления.

При разработке «Свода правил» учтены недостатки, выявленные в ходе многолетнего использования нормативных документов по геофизическим и сопутствующим им видам работ, а также проанализированы и включены в «Свод правил» ключевые положения, касающиеся технологии проведения сейсморазведочных работ и оценки качества получаемых материалов, отраженные в проектах рекомендаций, появившихся в печати, а также разработанных в соответствии с государственными контрактами Роснедра и МПР России, как минимум, в течение последних десяти лет.

При составлении «Свода правил» учтены изменения, произошедшие в области организации геофизических работ, в приёмо-передаче, в архивации и хранении сейсморазведочных материалов, а прилагаемые к нему различные формы актов и протоколов призваны облегчить процесс взаимодействия Заказчика (Роснедра) и Исполнителя (Поставщика) геофизической продукции.

«Свод правил» был разработан коллективом специалистов под руководством Жукова А.П. в составе: Аккуратова О.С., Ерхова В.А., Короткова И.П., Кузнецова В.М., Михальцева А.В., Мушина И.А., Тищенко И.В., Каплана С.А. и обстоятельно рассмотрен на совещаниях в научных и производственных предприятиях: ВНИГНИ, СНИИГ, ГИМС, ЗапСибНИИГ, ВНИИГеосистем, Красноярскнедра, Иркутскнедра, Севзапнедра, Дальнедра, Приволжскнедра, Югнедра, а предложения и рекомендации учтены в разработанном «Своде правил».

Разработанный СВОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРАВИЛ ПРОИЗВОДСТВА СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ, выполняемых за счёт средств ФЕДЕРАЛЬНОГО БЮДЖЕТА, является важным документом системы контроля качества региональных сухопутных сейсморазведочных работ, нацеленных на изучение глубинного геологического строения, оценку перспектив нефтегазоносности и определение первоочередных районов и комплексов для постановки поисковых работ на нефти и газ на конкретных объектах.

Правила станут обязательными для исполнения после их утверждения Федеральным агентством по недропользованию.

Свод правил должен быть включён в Государственный контракт в виде пункта о неукоснительном выполнении Правил всеми ПОДРЯДЧИКАМИ, выполняющими сейсморазведочные работы по Государственным заказам.

Свод правил в виде Приложения должен включаться в комплект документов Государственного контракта по объекту геологоразведочных работ.

Разработанный Свод правил не определяет технологические правила и методику производства морских сейсморазведочных работ ввиду значительной их специфики в части аппаратуры, оборудования и технологии проведения таких работ, а также правила производства 3D сейсморазведочных работ, т.к. последние за счёт средств федерального бюджета не проводятся.

Создание обобщающих современных требований к технологиям сейсморазведочных работ, несомненно, повысит качество исследований и обеспечит более рациональное и эффективное использование средств федерального бюджета при поисках месторождений нефти и газа в России.

“МЫ УЖЕ ИСПОЛЬЗУЕМ В РАБОТЕ И , НО НАМ ПОТРЕБУЕТСЯ _____ В АРЕНДУ НА МЕСЯЦ.”

Выгода - сейчас.

Качество - всегда.

Больше гибкости. Больше удобства. Воспользуйтесь специальным предложением INOVA по аренде оборудования и Вы получите высококачественную продукцию и сервис мирового уровня, специально подстроенные под конкретные нужды Вашего проекта. От Северной Америки до Китая, Ближнего Востока, России и за ее пределами, компания INOVA предлагает еще больше возможностей для того, чтобы задача была решена.

Узнайте больше на WWW.INOVARENTS.COM





ВСЕГДА ГОТОВО К УПОТРЕБЛЕНИЮ

Предоставление в аренду полного спектра телеметрического оборудования Sercel 408/428.

Техподдержка, сервис и обслуживание геофизического оборудования.

Производство импульсных источников «Геотон»

ООО «Фирма «ГЕОСЕЙС»

Контактная информация:

Тел. (Москва):

+7 (495) 694-19-07

+7 (495) 694-19-97

Тел. (Тюмень):

+7 (3452) 48-33-72

Электронная почта:

geoton@geoton.ru

sggeoton@gmail.com

geoseisltd@gmail.com

http:

www.geoton.ru

www.geoseis.info

