

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ САРАТОВСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ ЕВРО-АЗИАТСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ИЮЛЬ-СЕНТЯБРЬ

03/2005

ТЕМА НОМЕРА:

ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ

ТАКЖЕ В НОМЕРЕ:

Критерии безопасности на рынке геофизических услуг
75 лет геофизическому факультету МГРИ-МГГРУ



СКБ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Секция БСД-1

гибкое системное решение
для покорения новых высот

Новая конструкция, новые характеристики, новые преимущества: создав секцию одноканальных блоков сбора данных БСД-1 с числом блоков в отдельной секции от 1 до 48, мы сделали хорошую сейсморегистрирующую систему еще лучше.

Новое технологическое достижение

С использованием секций БСД-1 ПРОГРЕСС-Т2 не только сохраняет свои отличные эксплуатационные и стоимостные качества, но и обеспечивает Вам возможность работы в транзитных зонах с погружением блоков сбора данных на глубину до 15 м.



Высокая производительность и гибкость

Уникальная возможность одновременного использования в расстановке одноканальных и многоканальных блоков сбора данных обеспечивает системе ПРОГРЕСС-Т2 беспрецедентную гибкость при проведении работ в сложных условиях переходных зон, при пересечении участков с высоким уровнем промышленных помех, существенно повышая производительность работ, качество регистрируемой информации и сохраняя экономические выгоды использования многоканальных блоков.

Первоклассный сервис

Выбрав ПРОГРЕСС-Т2, Вы автоматически получите первоклассное сервисное обслуживание.

ПРОГРЕСС-Т2 – наилучший выбор

Где бы Вы ни планировали проведение сейсморазведочных работ, ПРОГРЕСС-Т2 с его выдающейся производительностью, гибкостью и экономичностью обеспечит оптимальные решения для Вас и Вашего клиента.



СКБ СЕЙСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

410019, Россия, Саратов, ул. Крайняя, 129

Тел. (8452) 64-09-51, fax. (8452) 64-14-52, e-mail: skbsp@san.ru • www.skbsp.ru

■ Колонка редактора

Сентябрь, сентябрь...
Турлов П.А.....04

● Тема номера: Телеметрия сегодня

■ Тематический обзор

Телеметрические системы - этапы развития
Федотов С.А.....05

■ Приборы и системы

Телеметрическая система ARAM-ARIES - возможности применения
Ростовщиков В.Б., Кадочников А.А.....07

Новые возможности телеметрической сейсморегистрирующей системы "ПРОГРЕСС-Т2"
Бескоровайный В.Л., Гнатюк А.И., Тарасов Н.В.....13

Вопросы и ответы по телеметрической сейсмостанции РОСА
Сагайдачная О.М., Сагайдачный А.В., Шмыков А.Н.....14

■ Сейсмоприемники

Регистрация сейсмических данных точечным 3-х компонентным цифровым приемником: практические аспекты
Тагир Галикеев.....18

О верхней границе частотного диапазона электродинамических сейсмоприемников при изучении микросейсмического шума
Гик Л.Д.....20

Особенности регистрации сейсмического волнового поля в мелководных и переходных зонах
Запорожец Б.В., Лисунов О.В.....42

■ Геофизические технологии

Сбор сейсмических данных и телеметрия переходных зон
Жгенти С.А., Запорожец Б.В.....10

Учет поверхностных неоднородностей по материалам, полученным в производственном режиме с использованием вибросейсмических источников
Завьялов В.А.....30

■ Сейсмоисточники

Результаты сравнительных испытаний импульсного источника "ГЕОТОН" при сейсмических исследованиях на нефть и газ в Западной сибире
Закариев Ю.Ш., Цыпышев Н.Н., Гурьев С.В., Резвов В.И.....24

Начало серийного производства системы управления сейсмическими вибраторами Vicont.....33

■ Технологии обработки

Методика азимутального кинематического и динамического анализа данных МОГТ 3D
Белоусов А.В., Башкардин В.В.....26

Юрубчен, сейсморазведка 3D
Антоненко А.В., Кашицын А.В., Жужель В.С., Гурьев С.В., Резвов В.И.....34

Развитие технологии вибросейсмических исследований 3D в условиях рисовых чеков Кубани
Кострыгин Ю.П.....39

■ Безопасность

Регулирование допуска на рынок геофизических услуг технологий, а также прострелочной и взрывной аппаратуры по критериям безопасности
Гаврилов Н.И., Гайворонский И.Н., Шахназаров Г.Г.....45

■ Образование

75 лет геофизическому факультету МГРИ-МГГРУ и началу подготовки инженеров-геофизиков в России
Профессор В.С. Зинченко.....48



СОДЕРЖАНИЕ

Главный редактор
Турлов П.А.

Выпускающий редактор
Пимашкин И.Г.

Менеджер проекта
Моисеева Е.И.

Ответственный секретарь
Слонова Е.Г.

Дизайн, верстка
Моисеева Д.В.

Адрес редакции:
Россия, 410019, г. Саратов,
ул. Крайняя, 129

E-mail: skbar@yandex.ru

Тел. (845-2) 64-14-32
Факс: (845-2) 64-14-52

Типография "ФОРМАТ"
г. Саратов, ул. Соборная, 17,
тел. (8452) 23-96-64, 28-36-07,
дата выпуска 21.10.05,
зак. № 630, тираж 500 экз.

Издание зарегистрировано
в Министерстве РФ по делам печати,
телекоммуникаций и средств
массовых коммуникаций за номером
ПМ №77-7908 от 27 апреля 2001 г.

От редакции:
Ответственность за подбор и
изложение фактов в статьях
несут авторы. Редакция может
публиковать статьи, не разделяя
точку зрения авторов.



Сентябрь, сентябрь...

Турлов П.А., СО ЕАГО, г. Саратов

Сентябрь - месяц встреч специалистов на семинарах, симпозиумах, конференциях. Хочется и себя показать, и на других посмотреть.

Одно из традиционных мест для таких встреч - Саратов. «Встречи на Волге» - этот бренд в настоящем году уже в девятый раз собрал приборостроителей и геофизиков всей России на научно-техническую конференцию «Геотех-2005». Сотрудники тридцати шести организаций из двадцати городов России и стран СНГ с большой трибуны пленарных заседаний, в кулуарных беседах, в дискуссиях около стендов выставки аппаратных новинок излагали проблемы геофизического приборостроения, обсуждали пути решения этих проблем.

В данной заметке нет смысла рассказывать о содержании этих обсуждений, так как все выступления участников конференции были услышаны заинтересованными лицами, а некоторые из сообщений, наиболее гармонирующие с проанонсированной ранее темой этого номера, оказались на его страницах - страницах осеннего выпуска журнала «Приборы и системы разведочной геофизики» с темой номера «ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ». Большинство материалов журнала подчинено именно этой теме, хотя не забыты и другие вопросы, статьи по которым размещены в наших постоянных рубриках. Впрочем, полистайте журнал и все увидите сами.

Хочу также проинформировать читателей о намеченных темах для последующих номеров журнала:

- № 4/2005 - КРУПНЫМ ПЛАНОМ ОАО "Саратов-нефтегеофизика" - спецвыпуск, приуроченный к 60-летию юбилею организации;
- № 1/2006 - ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА;
- № 2/2006 - МЕТРОЛОГИЯ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ;
- № 3/2006 - ИССЛЕДОВАНИЯ ШЕЛЬФА: технические средства и технологии.

Ждем Ваши предложения, статьи и Вашу рекламу по этим темам!

Главный редактор

П.А. Турлов

НАШИ ПАРТНЕРЫ



ОАО «Саратовнефтегеофизика»



ООО «Специальные геофизические системы»



Телеметрические системы - этапы развития

Федотов С.А., ВНИИГеофизика, г. Москва

Высокая детализация в изучении нефтегазовых объектов приводит к необходимости существенного увеличения объема геофизических исследований. При применении методики 3D в сейсморазведке уже используют тысячеканальные регистрирующие системы. Применение трехкомпонентной регистрации, обеспечивающей более эффективное использование динамических параметров сейсмических волн для получения дополнительной информации о геологическом разрезе, требует дальнейшего увеличения канальности сейсморазведочных систем. Актуальной в настоящее время является реализация геолого-геофизического мониторинга на нефтяных и газовых месторождениях. Для проведения мониторинга крупных объектов необходимо применение нескольких тысяч геофизических датчиков, размещенных на значительной площади. Разрабатываемые геофизические технологии, основанные на взаимодействии физических полей (например, сейсмoeлектроразведка), также требуют увеличения канальности полевых измерительных систем.

Развитие телеметрических систем с середины 70-х годов до настоящего времени можно охарактеризовать тремя этапами.

На первом этапе развития телеметрических систем решалась задача замены громоздких многоканальных сейсмических кос (с числом проводов до 256), которые ограничивали число используемых каналов сейсмостанции (120). При дальнейшем увеличении числа каналов система становилась слишком громоздкой.

В то же время, с увеличением длины кабеля (увеличение числа каналов) существенно ухудшались технические характеристики линейных сейсмостанций: взаимные влияния между каналами, утечки, низкая помехоустойчивость.

Такая ситуация существовала с середины семидесятых годов и в начале восьмидесятых она привела к появлению принципиально нового качества в системах регистрации: при пропускной способности одной линии связи 4 - 8 Мб/с и использовании нескольких линий связи число каналов увеличилось до 480 и более. Дальнейшее совершенствование телеметрических модулей сбора (в конце 80-х, начале 90-х годов) позволило проводить 3D съемки с числом каналов до 1000 - 1200.

К началу 90-х гг. наибольшие объемы выпуска имели компании Sersel (SN-348, GN-368), I/O ("System-one").

На втором этапе развития телеметрических систем (1993 - 2003 гг.) удалось существенно повысить точность регистрации за счет использования преобразователя аналог-код на основе дельта-сигма модуляции. Точность обеспечивалась высокой линейностью преобразователей (не ниже 0,001%), высоким динамическим диапазоном, использованием цифровых фильтров, обеспечивающих затухание на частоте Найквиста на уровне 100 - 120 дБ.

При таких высоких технических характеристиках каналов значительно уменьшилось энергопотребление модулей, они стали компактными. В этот период в Россию было поставлено большое количество систем компании I/O ("System-two") и компании Sersel (SN-388, 408 UL). Характерным в этот период являлось использование в полевых модулях числа каналов от одного до шести, а с целью минимизации веса полевых систем наблюдений компания Sersel выпустила компактную систему 408 UL с питанием по кабелю.

Третий этап характеризуется новым качеством: полевой телеметрический сейсмический модуль

соединен с принципиально новым сейсмopриемником, построенным по технологии MEMS (Vectorseis компании Input/Output, DSU3 компании Sersel), который имеет повышенный частотный диапазон относительно электродинамических сейсмopриемников и высокий динамический диапазон.

Соответственно снизились габариты полевой системы сбора данных, повысилась пропускная способность линий связи, что позволяет повысить число используемых каналов в системах до нескольких тысяч.

Использование трехкомпонентных наблюдений в комбинации с источниками возбуждения по трем компонентам увеличивают регистрируемые объемы данных относительно однокомпонентных измерений в 9 раз.

Четвертый этап развития телеметрических сейсмических систем характеризуется наращиванием количества каналов с учетом интенсивного развития каналов связи.

Существующие проводные телеметрические системы имеют следующие ограничения:

- необходимость применения ретрансляторов или промежуточных напольных пунктов передачи данных по двухпроводным или коаксиальным телеметрическим линиям в связи с существенным затуханием на больших расстояниях;

- возрастание суммарной массы (объема) линий связи пропорционально увеличению площади разведки;

- уменьшение защищенности станций от электромагнитных помех за счет суммарной длины линий связи и числа разъемов;

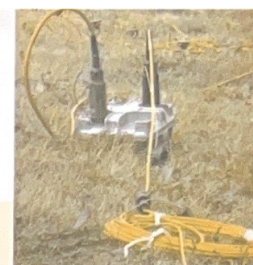
- снижение надежности системы;

- резкое увеличение стоимости системы дистанционной передачи данных по мере увеличения разведываемой площади.

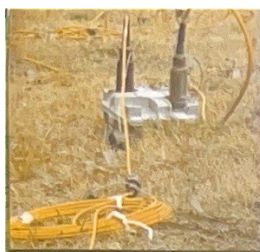
При шаге дискретизации 1 мс, объем информации, регистрируемый в одну секунду сейсморазведочной системой, состоящей из десяти тысяч каналов, составляет около 250 Мб. Скорость же передачи цифровых сигналов по медной витой паре в полевых условиях не превышает 10 Мб/с. Передача больших потоков информации от датчиков к пункту регистрации по металлическому кабелю усложняет информационно-измерительную систему.

В то же время накоплен большой опыт применения волоконно-оптических систем в телефонных и компьютерных сетях, кабельном телевидении, на военно-морском флоте и т.д. Некоторый опыт применения оптического волокна имеется и в сейсморазведке. Это было реализовано в телеметрической сейсморегирующей системе (ТСС) MDS-14, выпущенной в 1983 г. Волоконно-оптический кабель был так же использован и в последующих ТСС MDS-16X (1986 г.), MDS-18X (1988 г.) и MDS-18DS (1990 г.). Максимальное число каналов ТСС MDS-16X с волоконно-оптическим кабелем было 1016. Использовала волоконно-оптический кабель в ТСС DS-100 и компания Texas Instruments (США). В последнее время в разработанной системе Vectorseis system Four VR фирмы INPUT/OUTPUT, Inc (США) установлен волоконно-оптический кабель длиной до 14 км для связи межлинейных модулей.

В новых разработках используются и радиоканалы и оптоволоконные линии связи, позволяющие обеспечить регистрацию от нескольких тысяч каналов в реальном времени. Это современные системы компаний I/O (System-Four), а также система с использованием радиоканала на частоте



ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР



2,4 МГц "il system" компании Vibtech. Последняя система организует связь по прототипу сотовой связи, где сбор обеспечивается с использованием промежуточных пунктов сбора данных.

Именно это характеризует настоящий этап развития сейсмических систем сбора данных.

В России в ряде организаций разработки телеметрических систем велись с начала 80-х годов. Это УКВ-АРС (СНИИГГиМС), ТМСМС (ВНИИГеофизика, СибОКБ, г. Новосибирск), Прогресс-Т (СКБ СП, г. Саратов) и др.

К сожалению, в течение длительного времени разработка и производство российскими компаниями телеметрических комплексов сталкивалось и продолжает сталкиваться с типичными трудностями производственно-экономического характера, к которым относятся:

- нестабильность потребительского рынка геофизического оборудования, когда компании не имеют средств проводить техническое перевооружение;
- отсутствие финансирования на этапе разработки изделий, а зачастую и отсутствие финансирования выпуска продукции;
- несвоевременная оплата поставленной продукции;
- отсутствие достаточного объема оборотных средств.

Эти и целый ряд других объективных причин, в том числе, переход на использование зарубежной элементной базы, привели к заметному отставанию российских производителей телеметрических сейсмических комплексов.

В последние два-три года, в результате проведенных разработок, внедрены в производство сейсмических работ образцы телеметрических комплексов СТС-24, СТС-24Р, РОСА (СНИИГГиМС), станция ТМСМС-2000 (ВНИИГеофизика), телеметрические системы XZone компании «СИ Техно-

лоджи».

Наиболее успешно в последние два-три года внедряются в практику производственных работ телеметрические сейсмические системы «Прогресс-Т2», выпускаемые серийно ОАО «СКБ СП» (г. Саратов). Причем ОАО «СКБ СП» освоило новые технологии производства с контролем качества производимых блоков и системы в целом, а также контроль параметров системы.

В стадии промышленного внедрения находятся телеметрический комплекс «РОСА» (СНИИГГиМС, г. Новосибирск), одноканальная телеметрическая система ОАО «СКБ СП», четырехканальный модуль компании «ВЕЛКО» (г. Москва) и др.

Дальнейшее развитие систем направлено на эффективное использование высокоскоростных каналов связи, в частности, использование комбинированных оптоволоконных, проводных и радиоканальных линий, что облегчит возможность регистрации нескольких тысяч каналов в реальном времени.

Одной из задач, стоящих перед сервисными геофизическими компаниями является создание стандартов технологий проведения геофизических исследований, а перед компаниями-производителями - стандартов на используемую аппаратуру, оборудование и методы измерения их параметров.

Часть таких стандартов имеется в Евро-Азиатском геофизическом обществе. Они разработаны в 1996 - 1998 гг. и требуют обновления. Другая часть отсутствует в принципе.

С учетом вступления России в ВТО стандарты такого рода помогут сервисным геофизическим компаниям организовать высокое качество работ на всех этапах геофизических исследований.

Объединенные усилия разработчиков геофизической аппаратуры, согласованные с сервисными компаниями, позволят более интенсивно двигаться в направлении совершенствования технологий регистрации сейсмических данных.

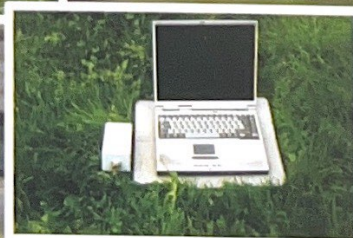
Комплекс аппаратуры для инженерно-геологических и геофизических исследований на поиски и разведку полезных ископаемых (рудные, нефть и газ)



Сейсмостанция
"ЭЛИСС-ГЭК"



Электроразведочная
станция "ЭЛИСС-ПР"



Инженерно-геологические
исследования



Телеметрическая станция
"ТЕЛСС"

Тел. (095) 911-35-45; Факс (095) 232-33-06

e-mail: velco@com2com.ru

www.velco.ru

Телеметрическая система ARAM-ARIES - возможности применения

Ростовщиков В.Б., Кадочников А.А., ОАО "Севергеофизика", г. Ухта

В последние годы при изучении геологического строения нефтегазовых месторождений на территории Тимано-Печорской провинции практически прекратилось бюджетное финансирование геофизических исследований и проведение сейсморазведочных работ проводится на основании прямых договоров с нефтедобывающими компаниями. В свою очередь, нефтедобывающие компании в связи с возникающей потребностью увеличения добычи углеводородного сырья заинтересованы в более детальном изучении глубинного строения месторождений для проведения работ по проектированию и вводу в эксплуатацию буровых скважин. Для этого при проведении сейсмических исследований значительно повышаются требования к применению новой техники, оборудования, новых технологий, к качеству полевых материалов, срокам проведения работ и как следствие, происходит перераспределение объемов сейсморазведочных работ 2D и 3D. Например, если в 2000 г. в ОАО «Севергеофизика» объем работ 3D составлял 18% от общего объема, то в 2005 году объем работ 3D составил 82%. Такой рост объемов уже не позволял нашему предприятию полностью самостоятельно выполнять съемку 3D, т.к. приходилось привлекать арендованное оборудование других компаний, что само по себе представляет определенные трудности. Исходя из этого, руководством ОАО «Севергеофизика» было принято решение о закупке новой телеметрической системы.

В 2004 г. был заключен контракт с канадской фирмой GEO-X Sistem Ltd. на поставку 1200 каналов телеметрической сейсморегистрирующей системы ARAM-ARIES. Аппаратура поступила в адрес ОАО «Севергеофизика» в декабре 2004 г., и в середине января 2005 г. уже была введена в эксплуатацию в одной из полевых партий. Решение о закупке системы ARAM-ARIES принималось не просто, т.к. в организации уже находились в эксплуатации несколько систем таких известных зарубежных фирм как SERSEL, INPUT/OUTPUT и совершенно новая система, которая в России не эксплуатировалась, никак не вписывалась ни в один ряд уже имеющегося оборудования.

Не было никакого опыта эксплуатации данного оборудования в условиях Крайнего севера, и вначале существовали определенные опасения по приобретению системы ARAM-ARIES. Поэтому перед получением системы группа специалистов ОАО «Севергеофизика» прошла в офисе GEO-X System Ltd (г. Калгари, Канада), двухнедельный (для операторов) и четырехнедельный (для наладчиков) курс обучения. Поскольку эти специалисты имели опыт работы с западными телеметрическими системами, обучение завершилось достаточно успешно. Их заключение по целесообразности приобретения системы ARAM-ARIES было положительным.

В дальнейшем, при эксплуатации в полевых условиях, результаты работ подтвердили правильность принятия решения по приобретению системы ARAM-ARIES.

Конструктивно система ARAM-ARIES представляет собой комплект полевого наземного оборудования, центральное регистрирующее устройство и вспомогательное оборудование.

В полевое наземное оборудование входят:

- модули сбора данных RAM (Remote Acquisition Module);
- сейсмические кабели;
- модуль межпрофильных соединений LTU (Line TAP Unit);

- многопортовые базовые кабели;
- кислотные батареи;
- зарядные устройства для кислотных батарей.

Центральное регистрирующее устройство включает в себя:

- модуль обработки данных сейсморазведки SPM (Seismic Processing Module);
- стример TDM;

- источник бесперебойного питания PSM;
- устройство вывода на термобумагу.

К вспомогательному оборудованию относятся:

- станция разрядки батарей;
- тестер для проверки сейсмического кабеля;
- ручной испытатель с тестером и адаптером для приемника;
- набор ЗИП.

Вспомогательное оборудование может значительно расширяться в зависимости от желания заказчика. Например, может комплектоваться специальным тестером, с помощью которого осуществляются все проверки и настройки приемных линий непосредственно на профиле.

Модуль дистанционного сбора данных RAM (рис.1) предназначен для сбора сейсмических сигналов в аналоговой форме, поступивших от сейсмодатчиков, и передаче этих сигналов в цифровом формате на центральный модуль CRU (Central Recording Unit) (рис. 2). Модули RAM устанавливаются на определенных промежутках друг от друга вдоль приемных линий, соединяются между собой при помощи коммутационных модулей линейных ответвителей LTU, а также с центральным модулем записи CRU при помощи телеметрических кабелей.

Модуль RAM можно запрограммировать



Рис. 1. Общий вид модуля дистанционного сбора данных RAM (слева) и коммутационного модуля LTU.

ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



Рис. 2. Центральное регистрирующее устройство (снизу вверх):

- источник бесперебойного питания PSM;
- стриммер TDM;
- модуль обработки данных сейсморазведки SPM.

таким образом, чтобы добиться оптимальной работы системы при любых сочетаниях общего числа каналов, каналов на каждый модуль RAM, частоты дискретизации, расстояния между каналами и профилями. Как известно, изменение этих параметров напрямую влияет на производительность системы, что является одним из важнейших факторов при отработке площадей.

К преимуществам RAMов по оценке операторов, работавших с системой ARAM-ARIES, необходимо отнести:

- малое энергопотребление;
- возможность двухсторонней передачи данных;
- небольшой вес, размеры (размеры RAMa - 17,2×8,5×30,6 см, вес - 3,8 кг);
- наличие на корпусе светодиодных индикаторов, которые позволяют оператору (работному) оценить режим питания модуля, состояние телеметрического кабеля, режима работы (сбор данных или режим ретрансляции), данные обо всех предыдущих установленных модулях;
- наличие на корпусе двух разъемов для подключения двух аккумуляторных батарей, что упрощает в итоге процесс зарядки аккумуляторов и обеспечивает практически бесперебойное питание.

Питание модулей RAM осуществляется от комплекта аккумуляторных батарей, а снабжение двумя разъемами для питания позволяет менять комплекты батарей без нарушения процесса сбора данных сейсморазведки. Аккумуляторная батарея обеспечивает непрерывное питание в



Рис. 3. Вид рабочего места оператора сейсμο-станции ARAM-ARIES.

течение 100 часов постоянным напряжением 24 В. К недостаткам аккумуляторных батарей можно отнести только то, что они имеют несколько непрочный корпус, а при эксплуатации в полевых условиях переносная сумка не выдерживает нагрузки и рвется (рис.4).

Коммутационный модуль LTU (рис.1) предназначен для организации работы множества базовых линий и ретрансляции цифровых данных от модулей RAM на центральный модуль записи. LTU устанавливаются на пересечении приемных и базовых линий, подключаются друг к другу, модулям RAM и центральному модулю при помощи телеметрических кабелей. Питание модулей осуществляется при помощи аккумуляторных батарей. Также имеются двойные разъемы для



Рис. 4. Зарядка аккумуляторных батарей.

подключения питания, что позволяет проводить замену комплектов аккумуляторных батарей без прерывания работы модуля LTU и без ущерба для его функционирования.

По оценкам операторов, к преимуществам LTU необходимо отнести:

- наличие двойных разъемов для подключения питания;
- наличие светодиодных индикаторов;
- небольшие размеры, вес (размеры LTU - 25,6×8,7×31,4 см, вес - 5,2 кг);
- малое энергопотребление.

Модули RAM, LTU конструктивно выполнены таким образом, что передача данных может осуществляться в обе стороны, а световая индикация на блоках позволяет оператору определить состояние и рабочие характеристики модуля.

Модуль обработки данных сейсморазведки SPM (рис.2) построен на базе двух высокопроизводительных процессоров Pentium 4 XEON и выступает в роли программного и аппаратного посредника между полевым оборудованием и всеми остальными модулями и периферийными устройствами, входящими в состав центрального оборудования. Модуль SPM может одновременно работать с четырьмя дисплеями (рис.3). В его состав входят три накопителя на жестких магнитных дисках с возможностью формирования массива для резервного копирования информации ускорения процесса обработки данных сейсморазведки.

Удобное программное обеспечение позволяет оператору станции:

- контролировать работу любого полевого модуля, состояние аккумуляторных батарей, кабелей;
- позволяет при наличии препятствий для прокладки сейсмокока (дороги, промышленные объекты, коммуникации и т.д.) делать обходы, т.е.

закольцовывать профиль;

- использовать один ТАР на несколько линий приема, т.е. центральная электроника распознает их как разные линии;
- записывать полные данные не только на магнитофон, но и на жесткий диск;
- продолжать работу в случае обрыва одной из пар в сейсмических кабелях путем переключения трансмиссии.

Стриммер или устройство для записи данных на магнитную ленту и воспроизведения с нее состоит из двух магнитозаписывающих модулей MS-8400 (рис.2). Запись данных осуществляется с жесткого диска компьютера на один или оба модуля одновременно на полудюймовые картриджи с магнитной лентой. Модуль является 36-ти дорожечным устройством для записи на магнитную ленту, полностью совместимым со стандартом IBM 3490 E.

Источник бесперебойного питания PSM (рис.2) обеспечивает защиту базового системного блока, а также других периферийных устройств от аварийных ситуаций в энергосистеме, скачков напряжения, изменений частоты, шумов линий. Обеспечивается необходимая защита во время переходных процессов при коммутации и возникновении нелинейных искажений.

В качестве устройства вывода на термобумагу используется плоттер iSYS-V12.

Указанная конфигурация системы позволила выполнить сейсмическую съемку 3D на одной из площадей, расположенной за Полярным кругом в условиях довольно низких температур, достигнув при этом достаточно высокой производительности. Как уже говорилось, полевые работы были



Рис. 5. График производительности сейсмоотряда по дням.

начаты в середине января и закончены в апреле 2005 г., за этот период отработано более 17 000 физических наблюдений или более 200 км². На рис. 5 приведен график суточной производительности за все время работы. Максимальная производительность повторяется примерно с недельным периодом, что связано с особенностью расположения профилей на площади работ и недостаточным количеством полевого оборудования, т.е. пиковое значение достигается на концевых участках, когда не требуется перестановки оборудования на другую полосу. Следовательно, в дальнейшем необходимо наращивать количество полевого оборудования для обеспечения максимальной производительности, например, довести число каналов до 1 500-2 000 шт.

В целом телеметрическая система ARAM-ARIES является надежным современным оборудованием, соответствует самым жестким требованиям и гарантирует высокую производительность работ.



ПРИН представляет

ТОРCON

серию GPS/ГЛОНАСС приёмников GB-1000/500

Приёмники GB-1000/500 с внешней антенной разработаны компанией TOPCON в соответствии с последними мировыми достижениями микропроцессорной технологии с учётом сложных условий России.

Особенности:

- ✓ Архитектура процессора Paradigm позволяет осуществлять приём спутниковых сигналов по 40 универсальным спутниковым каналам;
- ✓ Технология Advanced Multipath Reduction и Co-Op Tracking позволяют получить лучшие результаты при низких уровнях сигнала;
- ✓ Возможность оперативной замены аккумуляторов в процессе съёмки;
- ✓ Объём доступной памяти под данные до 1 Гб.

* Стандартный порт Ethernet (10 BASE-T)
Встроенный контроллер
Карта памяти Compact Flash.

* Только для GB-1000:



125993, Россия, Москва, ГСП-3, А-80, Волоколамское шоссе, дом 4
тел.: (095) 901-91-91, 785-57-37, survey@prin.ru, www.prin.ru

Сбор сейсмических данных и телеметрия переходных зон

Жгенти С.А., "СИ Технолоджи Инструментс", г. Геленджик

Интерес к проведению сейсмических исследований в транзитных зонах в последние годы очень вырос. Это объясняется рядом факторов, среди которых с одной стороны чисто прагматические цели: поиск и доразведка новых нефте-, газоперспективных объектов, а с другой стороны, выросшие технико-методические возможности, пробуждающие желание творить и призывающие к покорению новых технологических вершин.

В настоящее время не существует универсальных технологий проведения сейсморазведки в транзитных зонах.

Не зря некоторые исследователи развитие технологии проведения работ в переходных зонах называют последним рубежом сейсморазведки. Это действительно так. Здесь неприменимы десятилетиями до совершенства отработанные методические приемы проведения сейсморазведки на суше или на море.

Транзитные зоны представляют собой быстро меняющуюся, последовательность непротяженных участков местности с различными условиями (даже стихиями: вода и земля) проведения исследований, имеющих общую тенденцию - изменение мощности водного слоя, вплоть до полного выхода дна акватории на дневную поверхность, которое может повторяться неограниченное количество раз в пределах площади проведения работ. Естественно, что для обеспечения качественного сбора данных, на каждом из таких участков необходимо применение своих специальных технологий и оборудования.

Другими словами транзитные зоны это «уже не море, но еще не суша».

Разновидностями транзитных зон можно считать и заболоченные участки местности, и реки с их поймой, и водохранилища, и озера и т.п.

В отсутствие специальных технологий и оборудования, исследования в переходных зонах, как правило, проводятся с применением, адаптированного к использованию в водной среде, оборудования, предназначенного для проведения работ на суше. Реже, «выйти на берег» пытаются, продолжая использовать морское оборудование.

В обоих случаях это неэффективно из-за низкой производительности и низкого качества получаемого материала. Причины, по которым, качество материала, как правило, оставляет желать лучшего, кроются в вынужденной самодельности при адаптации существующего оборудования, в отсутствии универсальных, но достаточно мощных транспортных и специальных технических средств, в ограниченности методических приемов, позволяющих организовать эффективную технологию проведения работ, и обеспечить оптимальный выбор условий возбуждения и приема волновых полей.

При постановке и проведении исследований в транзитных зонах, проблемы возникают с выбором каждого элемента методики полевых работ: организации технологии высокопроизводительных наблюдений, оптимизации параметров системы наблюдений, обеспечении оптимальных условий возбуждения и приема колебаний.

Остановимся подробнее на каждом из этапов проведения работ.

Организация наблюдений.

Как правило, наблюдения в переходных зонах это донные наблюдения с изменяющейся глубиной водного слоя вплоть до выхода на дневную поверхность. Причем такое чередование условий может наблюдаться несколько раз в пределах площади работ. Поверхность же дна может быть гладкой или поросшей травой и кустарником (мангровые или камышовые заросли), или же на дне могут находиться затопленные останки судов, строений или другой техногенный мусор, что создает трудности в расстановке сейсмических датчиков и обеспечении их хорошего контакта с грунтом.

Очевидно, что при различных типах поверхности дна эффективными будут различные технологии проведения работ.

При гладкой, не поросшей растительностью поверхности дна переходной зоны, наиболее технологично и производительно буксировать сейсмические косы и проводить наблюдения в режиме «старт - стоп». Для эффективного проведения наблюдений судно буксир сейсмической косы должно развивать достаточное для буксировки усилие, а приемная коса - выдерживать высокие нагрузки на разрыв. Такой подход реализован компанией INPUT/OUTPUT в ее донной 4С косе OBC [2] и в телеметрической системе X-Zone Marsh Line (разработчик и производитель "СИ ТЕХНОЛОДЖИ ИНСТРУМЕНТС"), которая выдерживает разрывные нагрузки до 8 тонн [1]. Эффективность применения буксируемой косы для проведения исследований на мелководье (при глубинах дна от 3 - 5 метров) доказана многочисленными исследованиями компании Гео-Хазар [3]. Однако при меньших глубинах в организации работ возникают трудности, связанные с отсутствием транспортных средств, позволяющих развить усилие, требуемое для буксировки косы. Все известные транспортные средства, имеющие необходимую мелкую посадку не в состоянии обеспечить требуемое для буксировки усилие. Буксировке оборудования мешают и плавающие пучки и даже плавучие «острова» водорослей, что требует совершенствования методики раскладки буев, обозначающих различные участки профилей и связывающих технологические этапы работ.

На участках транзитных зон с глубинами дна не превышающими 1,5 м буксировка косы практически не реализуема, и проведение работ возможно пока только путем сбора и размотки «конвейерных» секций косы (аналог сухопутных работ). Как правило, в транзитных зонах с такими мелкими глубинами дно содержит много техногенного мусора и густые заросли водорослей, что усложняет процесс выбора и раскладки косы, а так же ухудшает контакт датчиков с грунтом. Можно было бы предложить проводить предварительную подготовку (траление - очистку) профилей наблюдений, но для этого опять необходимо транспортное средство, которое в состоянии обеспечить требуемое буксирующее усилие.

Возможно, что в переходных зонах с глубинами до 1,5 м наиболее эффективным остается применение технологии, принятой при сухопутных исследованиях, когда сейсмические датчики

устанавливаются на пикетах приема вручную. При этом выбор способа обеспечения хорошего контакта датчика с грунтом зависит от типа донных условий и в каждом конкретном условиях может быть различным: штырь различной длины, герметичный контейнер специальной формы или тяжелая платформа.

О возбуждении колебаний.

Поскольку большая часть объемов работ все же выполняется при возбуждении и приеме колебаний в водной среде, то при выборе их оптимальных условий необходимо учитывать влияние интерференционных явлений происходящих в ближних зонах источника и приемника. Речь идет об учете наложения на прямую волну или регистрируемую отраженную волну, сопоставимой по амплитуде волны-спутника, образующейся на акустически резкой водной поверхности, коэффициент отражения которой близок к 1.

Известная рекомендация по погружению источника возбуждения колебаний на глубину, равную $1/4$ длины преобладающей (видимой) волны, под акустически резкую поверхность воды, применяется на морских или сухопутных работах. При работах в транзитных зонах такая рекомендация может быть реализована только частично, пока это позволяет мощность водного слоя.

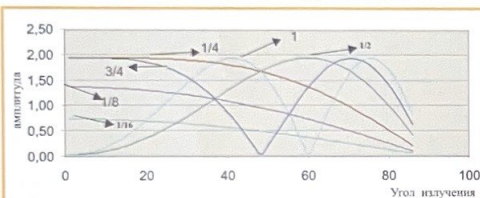


Рис. 1. Характеристики направленности источника, погруженного под водную поверхность. (параметр кривых $h/L_0 = 1/16; 1/8; 1/4; 1/2$ и т.д. см. на рисунке)

На рис. 1 приведены характеристики направленности источника возбуждения колебаний, формирующих суммарный зондирующий сигнал при различных величинах соотношения глубины погружения источника к преобладающей (видимой) длине возбуждаемой волны. Из рассмотрения характеристик направленности видно, что амплитуда зондирующего сигнала в диапазоне углов излучения в направлении приемной расстановки сильно зависит от глубины погружения источника, которая, однако, в случае транзитных зон, ограничивается глубиной дна. Если величину коэффициента отражения от поверхности воды принять равной 0,95, то амплитуда зондирующего сигнала при различных задержках в сложении волн, может меняться в диапазоне от 1,95 до 0,05.

На рис. 2 видно, как направленность источника отражается на амплитудах различных частотных составляющих в спектре зондирующего сигнала. Если принять $f_0 = 30$ Гц, а скорость распространения волн в морской среде - 1500 м/с, то из рассмотрения характеристик для частотных составляющих 60 Гц, 90 Гц и 120 Гц следует, что изменение их амплитуды может достигать 39 раз. Учитывая уровень помех, легко понять, почему их прослеживание на некоторых удалениях от ПВ становится невозможным. Возбуждению более широкого частотного спектра колебаний, т.е., в конечном итоге, более разрешенной формы зондирующего сигнала (правда при некотором снижении уровня энергии в области основного максимума спектра), способствует применение

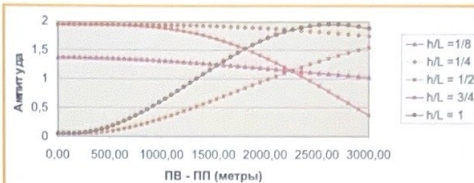


Рис. 2. Изменение амплитуды частотных составляющих в спектре зондирующего сигнала, связанное с наложением волны-спутника.

глубин погружения источника меньших, чем на $1/4$ длины преобладающей (видимой) волны, но до определенного предела, зависящего от емкости камеры пневмоисточника.

Дальнейшее вынужденное уменьшение глубины погружения источника, например, связанное с уменьшением глубины дна, приводит к выбросу (схлопыванию) воздушного пузыря, - «выстрелу в воздух».

Для возбуждения колебаний при малых глубинах дна (меньших 3 м), необходимо применение других технологий, например, специальных устройств, препятствующих схлопыванию газового пузыря, поверхностных источников колебаний, или погружение источника колебаний во взрывную скважину.

Сильная зависимость спектральных характеристик зондирующего сигнала от глубины дна и вынужденная смена способов возбуждения волнового поля приводят в итоге к существенным различиям в качестве динамических характеристик регистрируемых данных и, к необходимости разработки способов увязки наблюдений выполненных на различных участках транзитных зон.

О приеме колебаний.

Интенсивная волна-спутник, образующаяся от водной поверхности, оказывает сильное влияние и на прием колебаний, формируя суммарный отраженный сигнал. В силу того, что коэффициент отражения от поверхности воды близок к единице, образующаяся на ней волна-спутник сравнима по интенсивности с отраженной волной, представляющей объект исследований.

Эти волны, интерферируя в ближней зоне источника, когда задержка в сложении волн не превышает длительности сейсмического сигнала, формируют суммарный отраженный сигнал. При задержках больших длительности сигнала, они регистрируются раздельно, а волна-спутник может рассматриваться как интенсивная кратная волна-помеха, вызывающая реверберацию помех в водном слое.

На рис. 3 приведены характеристики направленности сложения отраженной волны с волной-спутником, образующейся на поверхности воды, при различных величинах отношения глубины погружения приемника (глубины дна) к длине

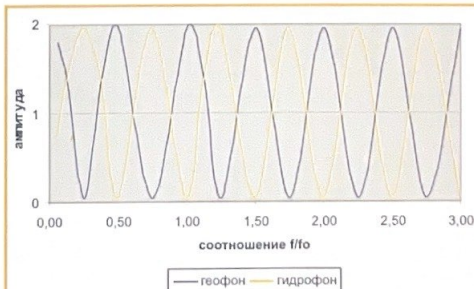


Рис. 3. Амплитудно-частотные характеристики приемника при учете наложения волны-спутника.



ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



преобладающей регистрируемой волны для случая использования для приема колебаний геофона и гидрофона. В силу того, что геофон и гидрофон имеют различные характеристики направленности 1-го рода, влияние глубины дна на динамические характеристики принимаемого суммарного отраженного сигнала для них различно. Противоположные экстремумы кривых совпадают по оси h/λ .

Максимальные значения амплитуды суммарного принимаемого сигнала образуются при глубинах дна равных $1/4 + (n-1/2)$ длины преобладающей (видимой) волны в случае применения гидрофона, а при использовании геофонов на глубинах дна $1/2 + (n-1/2)$ длины преобладающей (видимой) длины волны (n - любое целое число).

Интерференция волн в ближней зоне приемника оказывает сильное влияние на амплитуды регистрируемых спектральных составляющих. На рис. 4 приведены характеристики направленности приема колебаний с учетом наложения волны-спутника для геофона и гидрофона при погружении их на глубину 5 метров (скорость распространения волн в водном слое - 1500 м/с). Характеристики рассчитаны для случая вертикального подхода волн. Глубина погружения приемника под поверхность воды, или глубина дна в точке приема для донных наблюдений, при учете интерференции в его ближней зоне, обеспечивает значительное различие в интенсивности частотных составляющих, принимаемых геофоном и гидрофоном. На частоте 75 Гц разные датчики имеют противоположные экстремумы. Регистрируемый геофоном отраженный сигнал существенно ослаблен в диапазоне частот 50 - 100 Гц, что, при высоком уровне шумов, может препятствовать его прослеживанию и даже обнаружению на этих частотах. Глубина погружения приемника гидрофона под водную поверхность 5 м (в принятой модели) обеспечивает такие условия интерференции волн в ближней зоне приемника, которые благоприятны для приема колебаний практически во всем сейсмическом диапазоне частот. Такие изменения характеристик приема происходят в каждой точке наблюдений транзитной зоны, поскольку меняется глубина дна. Этот факт еще раз объясняет низкое качество получаемых материалов в случаях, когда для приема колебаний используется только один тип датчиков.

При проведении сейсмических исследований в

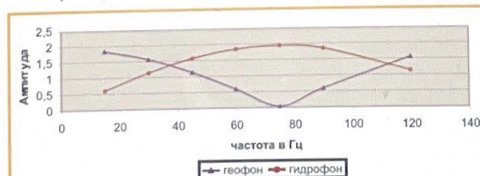


Рис. 4. Характеристики направленности приема при учете наложения волны-спутника (геофон и гидрофон).

транзитных зонах стабилизация условий приема колебаний - один из важнейших факторов, влияющих на качество регистрируемых данных и, в конечном итоге, на выбор технологии проведения работ.

Очевидно, что глубиной погружения приемника под поверхность воды при донных наблюдениях управлять не получается - она задана природой. Что же делать в такой ситуации?

Можно постараться минимизировать неуправляемое влияние на динамические характеристики регистрируемой волны условий наложения волны-

спутника, образующейся на поверхности воды. Для этого необходимо проводить синхронный прием колебаний в каждом пункте одновременно геофоном и гидрофоном.

В этом случае можно избежать сильной изменчивости динамических параметров принимаемых отраженных волн, связанных с изменением глубины дна в транзитной зоне.

Конечно для одновременного приема и синхронной регистрации должны использоваться датчики смещения и датчики давления близкие по своим амплитудно- и фазо-частотным характеристикам, например гидрофоны и акселерометры.

Если, по каким-то причинам, применение акселерометров невозможно, то данные, регистрируемые обычным геофоном (датчик скорости), должны быть предварительно трансформированы в область измерения ускорений смещения, что обеспечит корректность процедуры суммирования колебаний синхронно принимаемых гидрофоном и геофоном.

Необходимость применения в каждом пункте приема 2-х датчиков (наблюдения 2С) предъявляет специфические требования к телеметрическому регистрирующему оборудованию, применяемому для сейсмических исследований в транзитных зонах. Телеметрические системы регистрации для транзитных зон должны поддерживать использование минимум вдвое большего числа активных каналов по сравнению с аналогичными сухопутными или морскими системами регистрации. А если учесть желание заказчиков - нефте-, газодобывающих компаний, получать информацию о полном сейсмическом поле продольных и поперечных (обменных) волн (3С исследования), то поддерживаемое число активных каналов в системах регистрации для транзитных зон должно быть еще большим, - обеспечивающим возможность проведения 4С наблюдений. По всем другим параметрам это специальное оборудование должно соответствовать современным требованиям, предъявляемым к сейсмическим регистрирующим системам.

Наилучшим образом это реализовано в уникальной, специально разработанной для исследований в переходных зонах, телеметрической регистрирующей системе XZone-Marsh Line производства компании "СИ ТЕХНОЛОД-ЖИ ИНСТРУМЕНТС" (Россия, г. Геленджик) [1].

Поддерживая большое число каналов, и используя прочную буксируемую основу, система XZone - Marsh Line позволяет проводить сейсмические наблюдения 2D2C, 2D4C и 3D4C практически в любых условиях переходных зон, обеспечивая получение полевых материалов высокого качества.

Кроме работ непосредственно в переходных зонах система Marsh Line эффективна и при сейсмических исследованиях в прилегающей к акватории суше или при продолжении сейсмических профилей в открытое море с глубиной погружения регистрирующих линий до 200 метров.

Литература

1. Баленко С.Н., Крутов А.Л. «Система Marsh Line - от испытаний до производственной эксплуатации». Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», 01/2005.
2. Jon Tessman, Input/Output «Multicomponent Technology». Multicomponent Symposium 2003.
3. Долгов В.В. «Опыт проведения морских сейсмических исследований в транзитных и мелководных зонах с использованием новых отечественных разработок». Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», 01/2005.

Новые возможности телеметрической сейсморегистрирующей системы "ПРОГРЕСС-Т2"

Бескоровайный В.Л., Гнатюк А.И., Тарасов Н.В., ОАО "СКБ СП", г. Саратов

Прошло лишь два года после презентации первого образца телеметрической сейсморегистрирующей системы «Прогресс-Т2» на ежегодной конференции GEOTEX-2003 (г. Саратов), а в геофизические предприятия России и других стран СНГ уже поставлены и успешно работают десять систем «Прогресс-Т2» различной канальности. Отработаны сотни тысяч физических наблюдений, построены временные разрезы, защищены отчеты перед заказчиками геофизических исследований. Системы успешно отрабатывали проекты 2D и 3D наблюдений в различных климатических зонах, в зимний и летний периоды.

Анализ результатов промышленной эксплуатации «Прогресс-Т2» подтверждает заявленные разработчиком характеристики и позволяет подвести некоторые итоги.

Во-первых, следует отметить, что внедрение в производство телеметрической системы «Прогресс-Т2» прошло достаточно успешно.

Во-вторых, система «Прогресс-Т2» позволяет реализовывать различные модификации технологий 2D и 3D наблюдений.

В-третьих, система «Прогресс-Т2» обеспечивает удачное сочетание высокого качества получаемой сейсмической информации и производительности выполнения работ при вполне приемлемых затратах на их проведение.

Далеко неполный перечень отличительных особенностей телеметрической сейсморегистрирующей системы «Прогресс-Т2», обеспечивших ей успешное внедрение в геофизическое производство, включает:

- высокие технические параметры системы;
- возможность проведения сейсморазведочных работ с использованием различных импульсных источников возбуждения взрывного и невзрывного типов, а также вибрационных источников возбуждения;
- высокая надежность пользовательского интерфейса;

- гибкий алгоритм диагностирования центрального регистрирующего комплекса и наземной электроники с формированием полного отчета по результатам тестирования и последующим документированием на термолоттере;

- возможность тестирования групп сейсмодатчиков непосредственно в поле;

- возможность регистрации сейсморазведочных данных (в том числе виброграмм и коррелограмм) в реальном времени;

- возможность регистрации информации на различные типы носителей (CD RW, DVD, MOD, ленточный стример);

- возможность одновременной регистрации сейсморазведочных данных на два различных носителя;

- возможность питания полевых блоков непосредственно с борта при профильных системах наблюдения с числом активных каналов до 204.

Дальнейшим развитием функциональных возможностей телеметрической сейсморегистрирующей системы «Прогресс-Т2» является использование в составе системы разработанной специалистами ОАО «СКБ СП» секции одноканальных блоков сбора данных с числом блоков в отдельной секции от 1 до 48.

Технические параметры входящего в секцию одноканального блока сбора данных (БСД-1) приведены в таблице 1 и при полном отсутствии взаимных влияний идентичны техническим параметрам канала блока сбора данных БСД-6. Отличительными особенностями БСД-1 является возможность погружения его в воду на глубину до 15 м, а также низкое энергопотребление.

Каждый БСД-1 имеет отвод с разъемом для подключения геофонов к блоку. При этом предусмотрена возможность установки разъемов типа HERMA, KCL, либо герметичного разъема СН 64-2 производства ЗАО «Соединитель», обеспечивающего герметичность соединения при погружении БСД-1 в воду на глубину до 15 м.

Внешний вид БСД-1 представлен на рис.1.

Таблица 1. Технические параметры одноканального модуля сбора данных БСД-1

Число сейсмических каналов	1			
Максимальный входной сигнал, В	3,5			
Общий динамический диапазон, дБ, не менее	146			
Коэффициент нелинейных искажений, %, не более	0,0005			
Уровень собственных шумов в полосе от 3 до 125 Гц, мкВ, не более	0,15			
Напряжение смещения нуля, мкВ	1			
Коэффициент подавления синфазного сигнала, дБ, не менее	100			
Амплитудная неидентичность сейсмических каналов, %, не более	0,1			
Число разрядов выходного кода, включая знаковый	24			
Граничная частота фильтра подавления «зеркальных частот», Гц				
период дискретизации, мс	0,5	1,0	2,0	4,0
границная частота, Гц	800	400	200	100
Потребляемая мощность, мВт, не более	230			
Диапазон рабочих температур, °C	от -40 до +70			
Влагозащита	выдерживает погружение в воду на глубину до 15 м			
Масса, кг, не более	0,78			

ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



Рис. 1. Конструктивное исполнение БСД-1.

Отдельные секции БСД-1 могут соединяться между собой посредством герметичного разъема, допускающего погружение секций в воду на глубину до 15 м. Наличие специального кабеля и переходного полевого блока позволяют включать секции БСД-1 в любое место расстановки блоков БСД-6, обеспечивая уникальную возможность одновременного использования в расстановке одноканальных и 6-ти канальных блоков сбора данных с единым телеметрическим каналом передачи данных, управляемым Центральным Регистрирующим Комплексом (ЦРК) системы «Прогресс-Т2».

На рис.2 представлен переходной полевой блок с подключенной к нему секцией БСД-1.

Как уже упоминалось выше, число одноканальных блоков в секции может быть от 1 до 48 и определяется при заказе на поставку секций. На наш взгляд, оптимальной является секция из 6 БСД-1 с расстоянием между блоками 55 м или 27,5 м.

При необходимости вся расстановка может быть сформирована с использованием только секций БСД-1.

Таким образом, с использованием секции БСД-1, телеметрическая сейсморегистрирующая система «Прогресс-Т2» теперь способна обеспечить беспрецедентную гибкость при проведении работ в сложных условиях переходных зон, при пересечении водных преград и участков с высоким уровнем промышленных помех, существенно повышая производительность работ, качество регистрируемой информации и сохраняя при этом экономические выгоды использования многоканальных телеметрических модулей.



Рис. 2. Комплексная наземная расстановка БСД-6, БСД-1.

Вопросы и ответы по телеметрической сейсмостанции РОСА

Сагайдачная О.М., Сагайдачный А.В., Шмыков А.Н., ФГУП «СНИИГГМС», г. Новосибирск

На страницах этого журнала ранее уже были наши публикации по результатам технических разработок многоканальных телеметрических систем регистрации сейсмических данных. В статьях [1-3] приведены функциональные и технические характеристики наземных сейсмостанций СТС-24Р и РОСА (разработка ФГУП «СНИИГГМС»), обеспечивающих проведение региональных и поисково-разведочных работ размерности 2D, 3D, 4D с различными источниками возбуждения (взрывными, импульсными и вибрационными), и телеметрических систем ССТ-480 и ССТ-4 (совместная разработка ФГУП «СНИИГГМС» и ГНЦ ФГУП «Южморгеология») для работ в условиях транзитных зон с цифровой погружной косой. Там же были рассмотрены вопросы реализации многоканальной телеметрической системы регистрации данных в реальном времени и интерактивной технологии многомерных сейсмических исследований.

В настоящей работе покажем современное состояние отечественной разработки многоканальной телеметрической сейсморегистрирующей системы РОСА и сопоставим ее с широко известной импортной системой последнего поколения ведущего производителя геофизического оборудования - Sercel 408UL.

Телеметрическая сейсморегистрирующая система РОСА - это аппаратно-программный комплекс, объединяющий регистрирующие модули различной конструкции (для суши, транзитных зон, открытой воды), сетевые элементы для организации иерархической структуры, систему распределенного питания, кабельное хозяйство и программное обеспечение, позволяющее реализовывать системы наблюдений различной конфигурации [4].

Распределенная многоканальная телеметрическая система регистрации функционирует в двух режимах: настройки и регистрации сейсмических данных. В режиме настройки период обмена пакетами равен максимальному значению - 16 мс. В режиме сеанса регистрации период обмена определяется выбранным параметром настройки станции, и может составлять от 16 мс до 0,125 мс. Для настройки расстановки достаточно передать 4 пакета данных (64 бита), которые позволяют определить параметры канала регистрации. Настройка сейсмической линии связи происходит за 64 мс.

Важнейшей задачей командного канала является передача временной синхронизации. Для передачи сигнала синхронизации используется псевдослучайная M-последовательность.

которая без потери точности допускает искажения нескольких бит в посылке. Канал приема и регенерации имеет минимальную задержку на обработку сигналов линии связи, а именно 12 битового интервала, что практически исключает дрожание фазы вступления фронта сигнала опроса данных. Временную нестабильность (ΔT) опроса самого дальнего элемента расстановки можно оценить как $\Delta T = \pm T \cdot \sqrt{n}$, где n - количество каналов, T - время передачи одного бита в информационном канале связи.

Например, в конце линейной расстановки из 400 рабочих каналов временная неопределенность опроса данных будет составлять $\pm 2,5$ мкс при постоянной задержке около 275 мкс между моментом опроса первого и последнего регистратора, которая учитывается при обработке полученных данных.

Канал прохождения сейсмических данных включается в регистраторе при получении команды синхронизации, которая и запускает процедуру передачи данных.

В телеметрической системе РОСА реализован режим «Plug&Play». Такая возможность обеспечивается режимом настройки, в котором сбор состояний и сейсмических данных выполняется по всем активным линиям системы наблюдения.

Дистанционный оперативный контроль метрологических параметров сейсмостанции выполняется с использованием встроенных средств регистратора: генератора гармонических синфазных и парафазных сигналов, генератора белого шума нормированной мощности, эквивалента нагрузки. Внутренние датчики измерения температуры, влажности, напряжений и тока, независимо от рабочего режима периодически передают информацию на центральную станцию. Локализация неисправностей регистрирующей расстановки выполняется при тестировании технических параметров каналов передачи данных. Сбор статистики нарушений в линиях связи выполняется с использованием анализа CRC-кода в каждом слове посылки. Собранная статистика позволяет определить место нестабильной работы устройств с точностью до фрагмента линии связи с указанием на два граничных модуля, концентратора или регистратора, и при росте гистограммы нарушений линии связи выполнить соответствующую замену.

Портативные сейсмические регистраторы (рис. 1) построены 4-х канальными с возможностью подключения многокомпонентного датчика, выполнены на микросхемах с защитой



Рис. 1. Общий вид наземного модуля телеметрической сейсмостанции РОСА.

от высоких напряжений, укомплектованы элементами, обеспечивающими дистанционный мониторинг параметров питания, температуры и влажности. Основные технические характеристики регистратора станции РОСА:

- количество каналов - 4;
- интервал дискретизации 0,125 мс, 0,25 мс, 0,5 мс, 1 мс, 2 мс, 4 мс, 8 мс, 16 мс;
- аналого-цифровой преобразователь 24 разряда;
- мгновенный динамический диапазон более 120 дБ;
- коэффициент нелинейных искажений менее 0,0005 %;
- взаимные влияния между каналами менее 110 дБ;
- потребляемая мощность в рабочем режиме на канал менее 0,25 Вт;
- способ питания - 1 аккумулятор на 60 каналов;
- масса регистраторов менее 1 кг;
- диапазон рабочих температур от минус 40°C до плюс 60°C;
- длительность регистрации в реальном времени до и более 200000 отсчетов.

Максимальное расстояние между четырехканальными регистраторами составляет 220 м, т.е. станция РОСА настроена на использование расстановок с максимальным шагом до 50 м. В системе Sercel 408UL максимальное расстояние между одноканальными полевыми модулями составляет 110 м. Количество каналов регистратора равно четырем. Такой вариант канальности более универсален по сравнению с шестью или одноканальными вариантами, а при выполнении многокомпонентной регистрации оптимизируются и затраты на сейсмические линии связи.

Применение четырехканального регистратора позволяет выполнить полевые работы на суше:

- на продольных волнах по стандартной технологии МОГТ-2D/3D;
- на продольных и обменных волнах по экономному варианту технологии многоволновой сейсморазведки с применением двухкомпонентной записи 2D2C, 3D2C;
- на продольных, обменных и поперечных волнах по технологии многоволновой сейсморазведки в полном объеме с применением трехкомпонентной записи 2D3C, 3D3C, (трехкомпонентный: однокомпонентный + два азимутальных сейсμοприемника);
- на продольных, обменных и поперечных волнах по технологии детальной многоволновой сейсморазведки с применением четырехкомпонентной записи 2D4C, 3D4C, (четырекомпонентный: азимутальный трехкомпонентный + дополнительный вертикальный сейсμοприемник, позволяющий контролировать работу азимутальных приборов по вертикальному, обеспечивая высокую точность поляризационного анализа сейсмических данных);
- сейсмический мониторинг 4D + 4D4C;
- проведение работ в транзитных зонах с использованием комбинации из геофонов и гидрофонов.

Для наземной сейсморазведки корпуса полевых модулей РОСА выполнены из алюминия (130×96×71 мм), в которые помещена печатная плата регистратора размером не более 76×86 мм.



ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Регистраторы весят не более 1 кг, портативны, удобны в переноске и обслуживании.

Модуль аккумуляторного питания обслуживает группу модулей до 15 штук. Питание модуля кабельное, имеет диапазон 8 + 40 В.

Для погружных сейсмических кос регистраторы выполнены в цилиндрических водонепроницаемых корпусах из нержавеющей стали, имеют герметичные разъемы, которые после сборки косы фиксируются накидными гайками для обеспечения повышенной механической прочности. В собранном состоянии коса может раскладываться по дну с маломерных судов. Цифровые телеметрические модули выполнены на двух печатных платах, размеры которых не превышают 38x98 мм, расстояние между платами 6 мм. Кабельное питание погружных модулей обеспечивается в диапазоне 40 + 120 В на расстояние до 6 км. Диапазон питающего напряжения определяется входным преобразователем DC-DC, установленным в регистраторе.

Цифровая телеметрическая коса для переходных зон может быть использована для работ на суше.

На основе погружных телеметрических модулей можно собрать и буксируемую косу. Для обеспечения многокомпонентности геофон должен быть самоориентирующимся или снабжен датчиками крена и дифферента. Технические решения для применения датчиков крена и дифферента в регистрирующий модуль заложены.

К вопросу о количестве сейсмических каналов в станции РОСА.

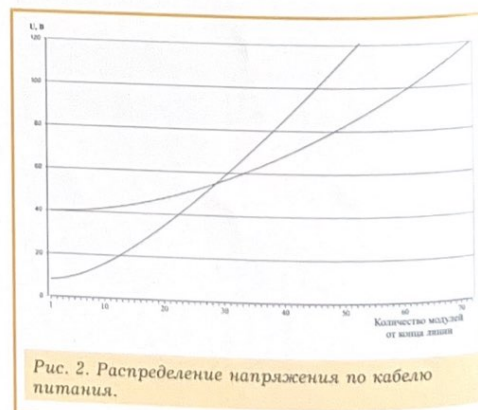
Общее количество работающих каналов в реальном времени зависит от ряда факторов. Во-первых, существует достигнутая характеристика пропускной способности сейсмического канала связи линейного фрагмента системы, которая составляет 8 Мбит/с. Надежная передача цифрового потока данных с таким трафиком обеспечивается при использовании высококачественных линий связи, входящих в состав сейсмических кос, применением алгоритмов помехоустойчивого кодирования информации с корректировкой поврежденных данных (например, кодом Рида-Соломона), а также кодирования данных для оптимального использования полосы пропускания линии связи. Во-вторых, имеется возможность распараллеливания потока информации по нескольким линиям связи, входящим в состав одной магистральной косы. Магистральный кабель обеспечивает в семь раз большую пропускную способность цифровых данных, чем линейный кабель. Одна магистраль может обслуживать в семь раз больше каналов, подключенных к нескольким узлам. Кроме того, к станции может быть подключено две магистрали, а к узлу (hab) - два линейных фрагмента. Максимальное количество активных каналов на одной линии связи пропорционально выбранному периоду квантования и составляет, например, для регистрации в реальном времени для шага квантования 2 мс - 608 каналов, для 1 мс - 304 канала, для 4 мс - 1220 каналов. Суммарное количество сейсмических линий максимальной длины может достигать 14, что позволяет собрать расстановку, включающую несколько тысяч каналов.

К вопросу о длине сейсмической линии.

Принятая система кодирования использует для приема информации только знаковую функцию сигнала, не зависящую от его уровня. Благодаря этому, длина кабеля в сторону уменьшения не влияет на работу системы. Увеличение длины кабеля между модулями и замена кабеля на другой могут привести к появлению искажений, которые устраняются введением цепей коррекции частотной характеристики. Корректирующие RC-цепи могут быть расположены в корпусе разъемов косы и установлены туда при ее изготовлении.

Предупреждая вопрос о комбинированном использовании регистраторов различного конструктивного исполнения, т.е. регистраторов, предназначенных для транзитных зон, и регистраторов для суши, отмечаем, что они совместимы по сигналам линии связи. Основные отличия заключаются в реализации аналогового канала регистрации и устройства управления модуля, а также в системе энергоснабжения. Для регистраторов, предназначенных для эксплуатации в водной среде, т.е. при проведении сейсмических исследований в транзитных зонах и открытой воде, использование аккумуляторных батарей неприемлемо. В этих системах применяется лишь распределенное кабельное питание. Максимальная длина такой расстановки зависит от выбранного кабеля и, прежде всего, определяется сечением токопроводящих жил.

Рассмотрим вопрос о кабельном питании несколько подробнее. Нетрудно показать преимущества кабельного питания: при отсутствии аккумуляторов на профиле снимается задача по их обслуживанию, контролю, перевозке и т.д. В то же время организация кабельного питания нетривиальная задача. Как известно протяженность кабельного питания ограничивается несколькими факторами, основные из них: мощность потребления полевого модуля, максимальная величина и диапазон входного напряжения, сопротивление токопроводящих жил. Влияние перечисленных параметров на длину расстановки непропорциональное, поскольку потребление модуля обратно пропорционально входному напряжению источника питания: чем дальше расположен модуль от источника питания, тем больший ток он потребляет и выше падение напряжения на кабеле. Когда модуль не один, то распределение напряжения по кабелю становится нелинейным. Характер нелинейности изменяется от напряжения на последнем модуле. Зависимость распределения напряжения питания по кабелю



от входного напряжения на дальнем модуле проиллюстрирована графически на рис. 2. По приведенному графику видно, что с повышением напряжения на последнем модуле возрастает количество модулей, которые можно запитать по кабелю. Например, увеличение начального напряжения с 8 В до 40 В позволяет увеличить число рабочих модулей с 50 до 70. Это происходит автоматически при применении DC-DC преобразователей, которые не включаются, если напряжение не превышает 40 В.

В последнее время стали доступны источники питания с входным диапазоном 40 В + 160 В, КПД которых составляет около 80%. Такое высокое напряжение следует применять только для необслуживаемых систем, где решена проблема электробезопасности. Для наземных систем оптимальным следует считать комбинированный способ питания, когда один аккумулятор через повышающий преобразователь запитывает часть сейсмической косы протяженностью до 2 км, включающей до 15 модулей. В станции РОСА реализованы оба эти решения.

К вопросу об использовании цифровых датчиков.

Регистратор станции РОСА можно модернизировать для использования цифровых акселерометров SI-Flex, выполненных по технологии MEMS.

Выходным сигналом микросхемы акселерометра является битовый поток дельта-сигма преобразователя пятого порядка, включенного в цепь механической обратной связи. Для получения завершено датчика необходимо отфильтровать битовый поток микросхемы.

Таким образом, датчик должен подключаться к устройству, которое формирует питание для него, производит цифровую фильтрацию последовательности дельта-сигма модулятора, собирает и передает отчеты АЦП, формирует тестовые сигналы и сигналы управления. Этим условиям соответствует плата управления регистратора станции РОСА, которая реализует 4 цифровых фильтра во всем диапазоне периодов квантования станции от 125 мкс и до 16 мс. Параметры КИХ-фильтра таковы, что, например, на периоде квантования 1 мс линейный участок полосы составляет от 0 до 400 Гц. По этому параметру разработанный цифровой фильтр не уступает, а даже превосходит фильтры на чипе CS5376. Основное питание платы управления регистратора РОСА соответствует рабочему напряжению MEMS-акселерометра. Необходимая доработка платы управления заключается в ее переработке для добавления дополнительных цифровых выходов согласования с акселерометрами.

Вопрос: какая аппаратная и программная платформа выбрана для построения центральной электроники станции?

В качестве центральной станции используется РС-совместимый компьютер, как в стационарном, так и в портативном (notebook) исполнении.

Программное обеспечение сейсмостанции РОСА Operator Console (рис. 3) представляет собой комплект системных и прикладных программ, в который входят:

- прикладные программы оператора, обеспечивающие управление полевым оборудованием станции, регистрацию, предварительную обработку, визуализацию и запись сейсмограмм

в файл;

- прикладные программы для ремонта, настройки и метрологического контроля полевого оборудования станции;

- драйверы интерфейсных плат магистральных линий;

- утилиты для изменения настроек интер-



Рис. 3. Рабочее окно программы РОСА Operator Console в режиме отработки профиля.

фейсных плат и обновления программного обеспечения, прошитого в конфигураторе интерфейсной платы.

Разработанная телеметрическая станция РОСА является надежной системой с технологичным интерфейсом, обеспечивающим снижение эксплуатационных затрат на этапе полевых работ. В тоже время эта система является гибкой, адаптивной, способной к масштабированию и изменению конфигурации и, следовательно, к реализации различных методов и технологий сейсмических исследований в жестких климатических и неблагоприятных географических условиях. Высокие показатели технических характеристик сейсмического канала регистрации, многоуровневая, иерархическая структура построения системы управления и сбора данных, портативность и малое энергопотребление элементов полевого оборудования, интерактивность технологического интерфейса делают станцию РОСА конкурентоспособной при выполнении сейсмо-разведочных работ.

Литература

1. Бородин В.М., Ксенофонтов Ю.А., Сагайдачная О.М., Сагайдачный А.В., Шмыков А.Н. Опыт создания сейсмических телеметрических систем для работ в условиях мелководья и транзитных зон (на примере ССТ-480 и ССТ-4) // Приборы и системы разведочной геофизики, № 2, 2003.
2. Сагайдачная О.М., Сагайдачный А.В., Шмыков А.Н. Опыт построения российских многоканальных телеметрических станций для сейсмических исследований (СТС-24 СТС-24Р РОСА) // Приборы и системы разведочной геофизики, № 2, 2003.
3. Сагайдачная О.М., Сагайдачный А.В., Шмыков А.Н. Распределенная телеметрическая система регистрации сейсмических данных в реальном времени. / Приборы и системы разведочной геофизики, № 4, 2004.
4. Сагайдачная О.М., Сагайдачный А.В., Шмыков А.Н., Щегольков А.Н. Многоканальная телеметрическая система сбора сейсмических данных. / Патент №2244945 (RU) на изобретение по заявке № 2003124253, приоритет от 01.08.2003 г. зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 20 января 2005 г.



ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Регистрация сейсмических данных точечным 3-х компонентным цифровым приемником: практические аспекты

Тагир Галикеев, Input/Output Inc, USA

До последнего времени все инновации в области сейсморазведки относились к улучшению тех или иных способов обработки (методы миграции, учет анизотропии [2] и т.д.), интегрированию сейсмических, скважинных и инженерных данных в целях построения более точных геологических моделей, а также развитию методологии многоуровневой (4D) сейсморазведки [3] (в основном на Западе и в меньшей степени на пространстве бывшего Советского Союза).

Около двух лет назад разведочным и нефтяным организациям были предложены принципиально новые системы сбора данных, основанные на технологии Applied MEMS [www.appliedmems.com]. Данные сенсоры уже не являются чисто электро-механическими устройствами генераторного ряда. Вместо того, чтобы измерять скорость движения среды они регистрируют ускорение, а точнее локальное отклонение ускорения свободного падения от значения в 1 Гал из-за распространения сейсмической волны. Сигнал оцифровывается прямо на сенсоре.

В России эти системы были приобретены, успешно опробованы и эксплуатируются компаниями Башнефтегеофизика, Татнефтегеофизика и ПетроАльянс. Стоит отметить, что только первые две компании на настоящий момент располагают мощностями для отстрела полноценных трехмерных площадей с традиционной геометрией. Только за зимний сезон 2004/2005 года новыми цифровыми системами было отстреляно порядка 300 кв. км в Западной Сибири.

По сравнению с традиционными сейсмоприемниками основными достоинствами современных сенсоров является:

- форма амплитудно-частотных характеристик (возможность записи сигнала без амплитудных и фазовых искажений от постоянной составляющей до 375 Гц при частоте квантования в 1 мс);
- 3-х компонентный дизайн (каждый сенсор регистрирует три взаимно-ортогональных компоненты);
- однородная характеристика направленности;
- встроенная система приведения к вертикали;
- отсутствие межканальных помех;
- отсутствие необходимости группирования при отстреле данных - точечный приемник.

Регистрация низких частот (менее 10 Гц) при благоприятных сейсмо-геологических условиях позволяет существенно сократить сроки построения модели акустического импеданса методом сейсмической инверсии. Экономия во времени реализуется за счет простой низко-частотной начальной модели импеданса благодаря присутствию низких частот в регистрируемых сейсмических данных.

Сравнение данных традиционной группы сейсмоприемников и одиночного 3-х мерного сенсора на уровне полевых сейсмограмм не совсем корректно, т.к. группа сейсмоприемников всегда будет выглядеть чище в силу простого

правила суммирования: отношение сигнал/(случайная помеха) = $\sqrt{N}$, где N - это количество сейсмоприемников. На уровне суммы сравнение данных группы сейсмоприемников и вертикальной компоненты сенсора указывает на более высокочастотный состав последней при сохранении прослеживаемости горизонтов.

Рис. 1 показывает аналоговую (группа сейсмоприемников) и вертикальную составляющую цифрового датчика после симуляции сумми-

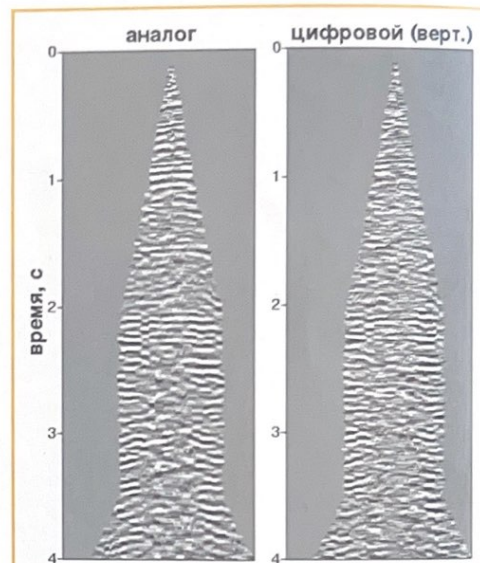


Рис. 1. Сравнение записи аналоговых и цифровых приемников при симуляции суммирования.

рования. Обе сейсмограммы были записаны при параллельном отстреле площади сейсмоприемниками и цифровыми сенсорами и относятся к одному и тому же пункту взрыва. Каждая сейсмограмма была скорректирована за скорость (одинаковая скоростная функция) и к каждой было применено смещение трасс с одинаковыми параметрами для подавления случайной помехи. Рис. 2 демонстрирует амплитудные спектры сейсмограмм на рис. 1.

Встроенная система приведения к вертикали

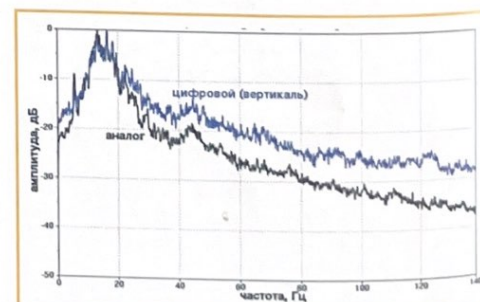


Рис. 2. Амплитудные спектры сейсмограмм на рис. 1.



Рис. 3. Расположение тестовых сенсоров.

обеспечивает необходимую повторяемость и качество регистрируемых данных. Тесты, проведенные в лабораториях компании Input/Output на вибростенде, указывают на однородную характеристику направленности цифрового сенсора. Рис. 3 и рис. 4 иллюстрируют опыт, проведенный в городских условиях, где использовалось три сенсора на пикет. Один из них был установлен стандартно (на графиках кривые черного цвета), второй лежал на боку на цементном бордюре (синий) и третий также лежал на боку, но на асфальтовом покрытии (красный). В данном случае рассматривается только вертикальная компонента. В качестве источника использовалась группа вибраторов с линейным свипом 6-80 Гц. Расстояние до сенсора стандартной установки было около 4 метров от дороги. Вибраторы шли по обочине вдоль дороги (между дорогой и сенсором стандартной установки). Расстояние между сенсорами, положенными на бок, было не более 40 см. Сопоставление временных последовательностей и амплитудных спектров (рис. 4) указывают на то, что повторяемость регистрации данных очень высока.

Последнее и наиболее важное достоинство (точечный приемник) вызывает и наибольшее количество вопросов в адрес современных цифровых 3-х компонентных сенсоров. Регистрация сейсмических данных традиционно велась

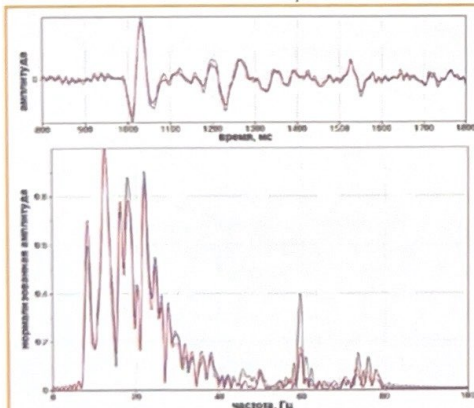


Рис. 4. Амплитудно-частотные характеристики совмещенных сенсоров при параллельной регистрации.

группой сейсмоприемников в целях подавления поверхностной волны при правильно рассчитанных группах. Группирование сейсмоприемников было разработано в эпоху двумерной сейсморазведки, когда кратность данных была мала. В

трехмерной сейсмике группирование имеет ярко выраженную неоднородную характеристику направленности в зависимости от азимута. Безусловно, можно рассчитать такую группу, которая обеспечит достаточный уровень подавления на всех направлениях, но она вряд ли будет приемлемой с экономической точки зрения. Более того, при современных тенденциях наращивания канальности, увеличения выносов и плотности отстрела, традиционное полевое группирование становится менее выгодным и начинает терять смысл. Следует также помнить, что группирование сейсмоприемников — ни что иное, как механическое осреднение характеристик среды. В случае больших выносов или в случае высокоскоростного поверхностного слоя волна подходит к приемнику не вертикально, а под каким-то углом [6]. Очевидно, что осреднение в этом случае неприемлемо, т.к. теряется динамика от трассы к трассе, которая отражает характеристику среды.

Одна из процедур подавления поверхностной волны при регистрации данных точечным приемником основана на адаптивном алгоритме и методе наименьших квадратов. Для 3-х компонентной записи сейсмических данных в идеале единственной волной, представленной вертикальной и горизонтальной составляющими является

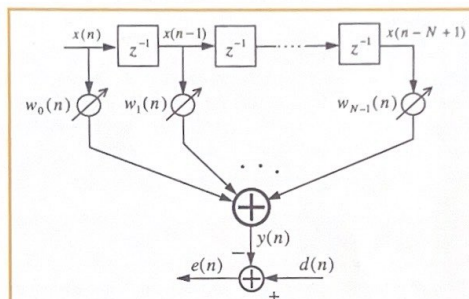


Рис. 5. Схема адаптивной фильтрации.

поверхностная волна, имеющая эллиптическое движение частиц (волна Рэлея). Если в адаптивной системе на каждой итерации известны входной вектор $x(n)$ и требуемый отклик $d(n)$, то в общем случае лучшим алгоритмом в различных приложениях адаптивной обработки сигналов является метод наименьших квадратов [4]. В нашем случае $d(n)$ — это, например, сигнал и шум на вертикальной компоненте, а $x(n)$ — ни что иное, как оценка того же шума на горизонтальной (радиальной) составляющей (рис.5). Отфильтрованный результат [Farhang-Boroujeny, 2003] выражается как:

$$y(n) = \sum_{i=0}^{N-1} w_i(n) x(n-i).$$

Веса $w_0(n), w_1(n), \dots, w_{N-1}(n)$ рассчитываются таким образом, что ошибка $e(n) = d(n) - y(n)$ должна быть минимизирована с помощью того или иного метода. Алгоритм метода наименьших квадратов в приложении к адаптивной фильтрации представлен следующей последовательностью операций [5].

Исходные данные:

вектор весов $w(n)$;
исходный вектор $x(n)$;
ожидаемый выход $d(n)$.

Выходные данные:

рассчитанный фильтр $y(n)$;
уточненный вектор весов $w(n+1)$.



ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ: ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ СЕЙСМОПРИЕМНИКИ

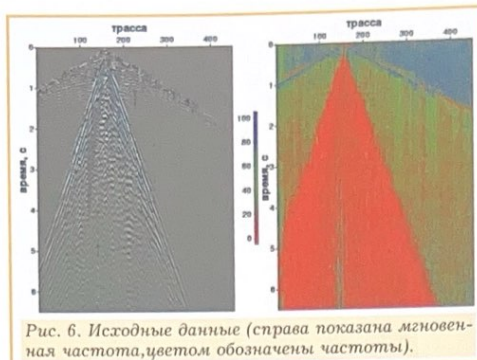


Рис. 6. Исходные данные (справа показана мгновенная частота, цветом обозначены частоты).

1. Фильтрация: $y(n) = w^T(n)x(n)$
2. Оценка ошибки: $e(n) = d(n) - y(n)$
3. Адаптация вектора весов:

$w(n+1) = w(n) + 2\mu e(n)x(n)$, где μ - это параметр адаптации.

Более подробное описание алгоритма может быть найдено в источниках указанных в конце данной статьи.

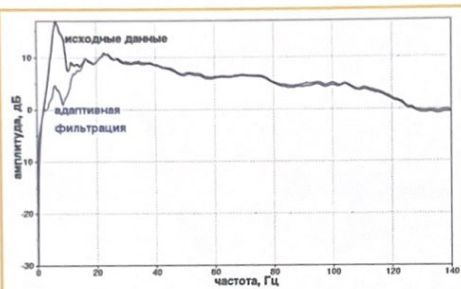


Рис. 8. Амплитудный спектр сейсмограмм, показанных на рис. 6 и 7.

На рис. 6-8 показан результат применения адаптивной фильтрации к данным, полученным в Западной Сибири. Уровень подавления может достигать 10-15 дБ, в зависимости от типа поверхностной волны и качества регистрируемых данных. Спектр мгновенных частот (рис. 6-7) указывает на то, что после применения адаптивной фильтрации природа поверхностной помехи меняется, и она становится менее когерентной, т.е. имеет более случайное распределение. Это значит, что при последующем суммировании поверхностная помеха подавится

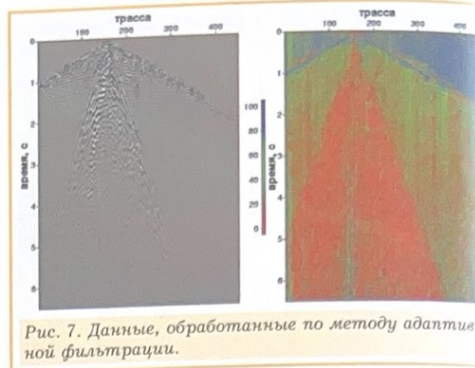


Рис. 7. Данные, обработанные по методу адаптивной фильтрации.

еще в большей степени. Все данные, показанные на рис. 6 и 7 были идентично нормированы.

В заключение отметим, что адаптивная фильтрация эффективно подавляет поверхностную помеху и позволяет достичь уровня подавления сопоставимого с полевой группой сейсμοприемников, а в некоторых случаях и лучше. Данный алгоритм работает по-трассе (две трассы с одного и того же сенсора), т.е. отсутствует какое-либо смещение по соседним трассам (станциям) и, таким образом, поверхностная помеха будет подавлена, даже если она записана с аляисингом. Кроме того, данный подход гарантирует сохранение динамики от трассы к трассе, чего не обеспечивают традиционные методы, например, F-K фильтрация, основанная на смещении группы трасс. Сохранение динамики очень важно для дальнейшей обработки и получения корректной статистики и скоростей, отражающих реальную геоло-геофизическую обстановку на исследуемой площади.

Литература

1. Козырев В.С., Жуков А.П., Коротков И.П., Жуков А.А., Шнейерсон М.Б. "Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. Современные технологии". Нефть, 2003.
2. Tsvankin I.D., "Seismic signatures and analysis of reflection data in anisotropic media", Elsevier, 2001
3. Calvert R., "Insights and methods for 4D reservoir monitoring and characterization", SEG/EAGE DISC course, 2005.
4. Widrow B., Stearns S., "Adaptive signal processing", Prentice Hall, 1985.
5. Farhang-Boroujeny B., "Adaptive filters: theory and applications", John Wiley & Sons, 2003.
6. Abma R., Time corrections for high-velocity near-surface layers, 2002, SEG abstracts.

Внимание авторов

Материалы, представляемые для опубликования в журнале должны отвечать следующим требованиям.

Статья представляется в электронной версии на компакт-дисках емкостью 640-700 Мб. Форматы текстового файла должны быть в виде Microsoft Word for Windows (версии 6.0 или выше). Графические приложения и таблицы, выполненные электронным образом, представляются в отдельных файлах формата MS Excel (версии 4.0 или выше) или в формате CorelDRAW версии 7.0 и выше. Все контуры и графики на рисунках, а также все цифры и надписи должны быть выполнены четко, чтобы при уменьшении они легко читались. Рисунки присылаются в виде растровых файлов форматов: *TIF, с разрешением не менее 250 точек на дюйм (допускается LZW-сжатие), *JPG с качеством не менее 12-ти. Максимально допустимый размер иллюстраций - А4. Подписные подписи представляются в виде отдельного списка. Математические уравнения должны быть выделены четким и ясным шрифтом. Все математические символы скалярных величин набираются курсивом, а векторные - жирной прямой заглавной буквой. Вместе со статьей в редакцию направляются краткие сведения об авторах, необходимо указать Ф.И.О., город, место работы, и должность.

Отредактировано:

Ответственность за подбор и изложение фактов в статьях несут авторы. Редакция может публиковать статьи, не разделяя точки зрения авторов.

О верхней границе частотного диапазона электродинамических сейсмоприемников при изучении микросейсмического шума

Гик Л.Д., институт геофизики СО РАН, г. Новосибирск

Микросейсмический шум (сейсмическая эмиссия) возникает вследствие действия в геоакустической среде силовых источников $F_i(t)$. Поэтому экспериментальное исследование сейсмической эмиссии в некоторой точке пространства P_j фактически означает измерение колебательного движения среды в этой точке: смещения u , скорости u' или ускорения u'' . Схема измерения при этом может быть представлена рисунком 1, на котором изображены источник $F_i(t)$ и также приемник P_j , способный измерять колебательное смещение u . Связь между этими величинами для упругой среды может быть выражена [1] соотношением:

$$u(t) = F(t) \cos(\varphi) / LZ_m \quad (1)$$

Здесь $Z_m = 4\pi\rho(V)^2$ - акустический импеданс среды, ρ - плотность, V - сейсмическая скорость и L - удаление.

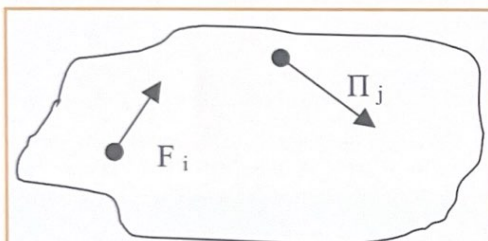


Рис. 1. Общий случай расположения источников и приемников в геоакустической среде.

Из (1) видно, что во времени форма колебательного смещения сейсмической эмиссии u повторяет форму возмущающей силы F . Выражение (1) можно обобщить на неупругую геоакустическую среду, обладающую поглощением Q^{-1} . Используя спектральное представление, с учетом [2] можем записать:

$$u(\omega) = F(\omega) \cos(\varphi) / LZ_m \times \exp(-Q^{-1}L/\lambda). \quad (2)$$

Как видно, ослабление эмиссионного сигнала u начинает проявляться на удалениях L , порядок величины которых составляет $L \sim \lambda/Q^{-1}$. При значительно больших удалениях $L \gg \lambda/Q^{-1}$ сигнал u оказывается пренебрежимо малым. Поскольку для большинства горных пород добротность Q составляет величину $Q = 20 \div 200$, соотношение (2) позволяет разделить частотный спектр измеряемых сигналов на зоны, в которых либо допустимо, либо не допустимо использование условий упругости горных пород: частотная граница раздела составляет $f > / < V_p Q^{-1} / \lambda$.

Рассмотрим вопрос о выборе принципа действия сейсмоприемника, с помощью которого можно оптимальным образом выполнить измерение сигнала сейсмической эмиссии. Для этого необходимо уточнить требуемые его характеристики и, прежде всего, амплитудный и частотный диапазоны. Согласно известным нам априорным

данным частотный диапазон сигналов сейсмической эмиссии составляет $f = 30 \div 300$ Гц. На более низких частотах мощность излучающих источников обычно существенно падает, а на более высоких частотах в соответствии с (2) происходит сильное ослабление сигнала из-за поглощения.

Амплитудный диапазон целесообразно предусмотреть в пределах, начиная от среднеакустических величин микросейсмического шума и кончая величинами, соответствующими несильным ударам, имеющим ускорение $u'' \sim 20 \div 30$ м/с². Более мощные эмиссионные сигналы встречаются редко. Кроме того, информация о точной их величине во многих случаях не является существенной, достаточным является сам факт обнаружения таких сигналов. Нижний предел, равный микросейсмическому шуму, гарантирует возможность регистрации минимально различных сейсмических сигналов.

Каких-либо особенных специфических требований, в том числе существенных ограничений датчиков по габаритам, весу, устойчивости к электромагнитным помехам и др. - при изучении сейсмической эмиссии обычно не предъявляется.

Учет всех вышеизложенных условий однозначно приводит к выбору в качестве оптимального первичного измерительного прибора - электродинамического сейсморазведочного датчика. Действительно, данный вид измерительного механизма практически во всех возможных модификациях имеет собственную частоту порядка 30 Гц и по этой причине удовлетворяет условиям требуемого амплитудного диапазона и нижней границы частотного диапазона [3]. Данный вид сейсмоприемников обладает преимуществами перед параметрическими датчиками, т.к. не требует источников питания, а также перед пьезоэлектрическими датчиками, т.к. обладает значительно более высокой выходной мощностью, что позволяет обойтись без усилителя, обладающего высокоомным входом.

Главный вопрос, требующий специального анализа при измерении сейсмической эмиссии, это - обеспечение сравнительно высокой верхней границы частотного диапазона - порядка $f_v \gtrsim 300$ Гц. Выполним анализ этого вопроса, опираясь на теорию работы жесткого штампа, помещенного на упругой полупверхности. Будем использовать

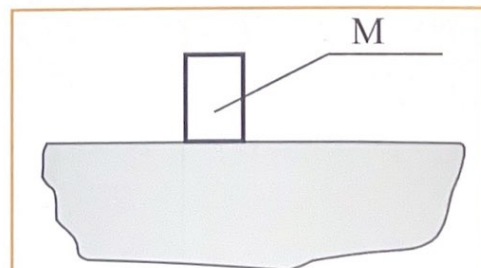
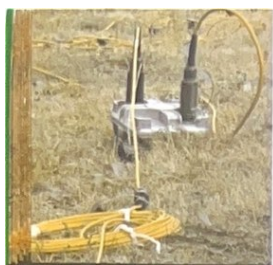


Рис. 2. Резонатор, образуемый массой сейсмоприемника и упругостью его механической связи с объектом.

ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ: ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ СЕЙСМОПРИЕМНИКИ



метод, изложенный в [4]. Рассмотрим частотную характеристику механического резонатора, образованного массой M , жестко связанной с упругим полупространством - рис. 2. В качестве массы M примем сам сейсмоприемник или контейнер, в котором он помещен. В качестве упругого полупространства будем рассматривать геоакустическую среду, в которой распространяется изучаемая эмиссия.

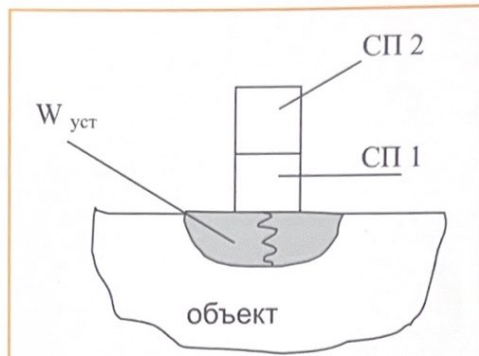


Рис. 3. Жестко связанные измеряемый сейсмоприемник СП1 и обращенный (возбуждающий) сейсмоприемник СП2, расположенные на исследуемом объекте.

Действие исследуемого упругого полупространства проявляется в эффекте пружинной связи, обладающей эквивалентной жесткостью геоакустической среды $w_{...}$ (рис. 3.). При таком рассмотрении масса M и пружина $w_{...}$ образуют механический резонатор, имеющий свойства фильтра нижних частот второго порядка [3] с собственной частотой

$$f_{..} = (2\pi)^{-1} \sqrt{w_{...}/M}.$$

Это означает, что обеспечение условия $f_{..} \geq 300$ Гц требует сравнительно высокой жесткости пружины: $w_{...} > 2\pi^2 f_{..}^2 M$.

Согласно современным представлениям жесткость механической связи некоторого тела, находящегося на поверхности полупространства, с этим полупространством определяется устойчивостью поверхности полупространства к изгибу его поверхности и количественно выражается соотношением

$$w_{...} = GL_.$$

Здесь G - модуль сдвига, а $L_.$ - периметр площадки соприкосновения тела и поверхности полупространства. При практических оценках величины резонансной частоты модуль сдвига G удобно выражать через соответствующую ему скорость поперечных волн $G = (V_.)^2 \rho$. С учетом этого получаем $w_{...} = (V_.)^2 L_.$ и

$$f_{..} = (2\pi)^{-1} \sqrt{(V_.)^2 L_./M}. \quad (3)$$

При использовании для измерения эмиссии сейсморазведочных сейсмоприемников ряд параметров в выражении (3) может изменяться в весьма узких пределах. Так, практически всегда $\rho \sim 2.5 \cdot 10^3$ кг/м³, $L_.$ $\sim 3 \cdot 10^{-1}$ м и $M \sim 0.15$ кг. Поэтому на практике $f_{..} \sim 3.56 \cdot V_.$. Диапазон возможных изменений скоростей поперечных волн на

практике может быть очень широким, изменяясь от 40-50 м/с у рыхлых слоев верхней части разреза до 3-4 км/с у высокоскоростных консолидированных пород. Поэтому диапазон частот установочного резонанса может начинаться менее чем от 100 Гц и превышать величину более, чем 10 кГц. Необходимо также учесть возможность размещения сейсмоприемника внутри сравнительно массивного контейнера, что обычно приводит к дополнительному снижению частоты установочного резонанса ввиду значительной величины массы контейнера M .

Из всего сказанного следует, что естественная величина верхней границы частотного диапазона сейсмоприемного устройства может оказаться недостаточной. Данный факт является причиной постановки двух задач: поиска путей увеличения частоты установочного резонанса и поиска рациональных путей контроля частоты установочного резонанса.

Если есть возможность увеличения модуля сдвига поверхности исследуемого объекта, то, естественно, такой возможностью следует воспользоваться. Некоторый опыт нашей работы с исследованием эмиссии «сыпучих» объектов, имеющих песчаную и гравийную поверхность, показал приемлемость способа изготовления «жесткой корки» (например, из цемента) на поверхности песка. Прямым же путем повышения частоты установочного резонанса является увеличение периметра $L_.$ контактной поверхности. Естественно, что данный путь может быть реализован лишь в тех случаях, когда это допускают геометрические формы поверхности исследуемого объекта.

Рассмотрим вопрос о способах измерения частоты установочного резонанса. Нами был успешно опробован такой путь. С сейсмоприемником-измерителем СП₁, установленным на исследуемом объекте, жестко скреплялся дополнительный электродинамический сейсмоприемник СП₂ рис. 3. Последний использовался в «обращенном» режиме - включался генератором. Через его рабочую катушку пропусклся электрический ток I , частота которого Ω варьировалась в пределах испытательного диапазона $I \sin(\Omega t)$. В соответствии с законами электротехники это приводило к возникновению силы $F = s_{..} I \sin(\Omega t)$. Здесь $s_{..}$ - чувствительность сейсмоприемника СП₂.

Под влиянием этой силы возникает колебательное смещение с амплитудой u

$$u = F / \{w_{...} + i\Omega h + (i\Omega)^2 (m_{..} + m_{...})\}.$$

Здесь $w_{...}$ - жесткость механической связи сейсмоприемников с объектом («установочная» жесткость), h - коэффициент демпфирования, $m_{..}$ и $m_{...}$ - массы первого и второго сейсмоприемников соответственно. Данное колебательное движение вызывает в первом электродинамическом сейсмоприемнике электрический сигнал

$$U_{..} = du/dt \times s_{..} = i\Omega \times s_{..} \times u / \{w_{...} + i\Omega h + (i\Omega)^2 (m_{..} + m_{...})\}.$$

Вводя обозначение частоты установочного резонанса $\Omega_{...} = \sqrt{w_{...}/(m_{..} + m_{...})}$ и коэффициента демпфирования $\beta_{...} = h/\Omega_{...}$, получаем:

$$U_{..} / (s_{..} \times I \sin(\Omega t)) / w_{...} =$$

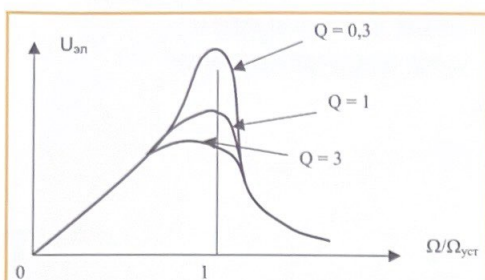


Рис. 4. Частотная характеристика объекта вблизи частоты установочного резонанса.

$$= (i\Omega) / \{1 - (\Omega/\Omega_{уст})^2 - i\beta_{уст}(\Omega/\Omega_{уст})\}. \quad (4)$$

Это выражение, представленное графически на рис. 4, наглядно показывает, что вблизи частоты установочного резонанса $\Omega \rightarrow \Omega_{уст}$ выходной сигнал сейсмоприемника СП, имеет ярко выраженный резонансный пик, который и может быть использован в качестве индикатора верхней границы частотного диапазона измерительной системы.

Выводы:

1) Обобщение сейсмологических данных показывает, что амплитудный диапазон сигналов сейсмической эмиссии должен простирается от уровня микросейсмического шума до сигналов, характеризующихся ускорением порядка $u \sim 20 \div 30 \text{ м/с}^2$, а частотный диапазон приблизительно от 30 до 300 Гц.

2) Оптимальным решением задачи измерения сигнала сейсмической эмиссии является построе-

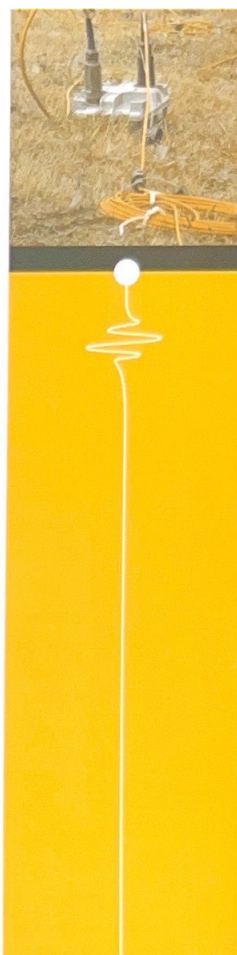
ние измерительного прибора на основе серийного электродинамического сейсмоприемника, имеющего собственную частоту 20-30 Гц. При таком решении амплитудный диапазон и нижняя граница частотного диапазона удовлетворяются автоматически.

3) Верхняя граница частотного диапазона ограничивается частотой установочного резонанса, определяемой, в первую очередь скоростью поперечных волн исследуемого объекта, которая может быть вычислена по приведенным в работе соотношениям. Предложен удобный способ экспериментального определения частоты установочного резонанса и указаны возможные пути увеличения этой частоты.

Данная работа, а также статьи Л.Д. Гика "Применение обращенных электродинамических сейсмоприемников" и "Измерение предельно малых сейсмических сигналов" в № 4 журнала "Приборы и системы разведочной геофизики" выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 04-05-64219.

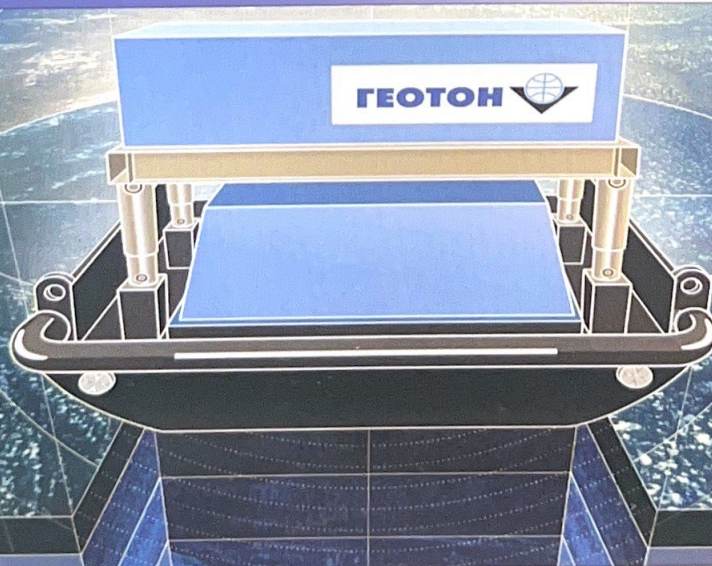
Литература

1. Возбуждение поперечных сейсмических волн импульсными источниками. Пузырев Н.Н., Тригубов А.В., Куликов В.А. и др. Новосибирск, Изд. геол. и геоф. 1981.
2. Исакович М.А. Общая акустика. Наука. М. 1973.
3. Гик Л.Д. Измерение вибраций, Изд. СО АН СССР, Новосибирск, 1972.
4. Программно-аппаратурный комплекс «Эхо-1» для ультразвукового сейсмического моделирования. Методические рекомендации. Сост. Б.А. Бобров, Л.Д. Гик, Н.М. Держи и др. Изд. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР, Новосибирск, 1984.



Электромагнитный источник Геотон

Проектирование и изготовление импульсных сейсмических источников различной мощности на транспортной базе в зависимости от условий применения. Гибкая система оплаты, обучение персонала, сопровождение.



Тел./факс: (095) 202-32-17, 202-32-27 Тел.: (3452) 32-13-07, 74-69-95
e-mail: geoton@geoton.ru geoseis@col.ru <http://www.geoton.ru/>

Результаты сравнительных испытаний импульсного источника "ГЕОТОН" при сейсмических исследованиях на нефть и газ в Западной Сибири

Закариев Ю.Ш., Цыпышев Н.Н., ЗАО «ГеоСейсКонтроль», г. Москва
Гурьев С.В., ОАО «Тюменнефтегеофизика», Резвов В.И., ЗАО «ГЕОСЕЙС», г. Тюмень

Данная статья продолжает цикл публикаций довольно широкого круга авторов, освещающих возможности, опыт и результаты применения электромагнитного импульсного источника сейсмических колебаний «Геотон». В предыдущих публикациях изложены основы конструктивного решения и технические характеристики источника [1], результаты его применения в Западной Сибири при скважинных сейсмических исследованиях по методике ВСП [2] и продольном профилировании 2D [3].

Ниже мы рассмотрим результаты опытных работ 3D в Ямало-Ненецком автономном округе, в зоне развития многолетнемерзлых пород (ММП). Основная цель проведенных работ - оценка сейсмической эффективности данного поверхностного источника сейсмических колебаний в сравнении с взрывным.

Сравнение было выполнено по инициативе ОАО «Тюменнефтегеофизика» на Самбургской площади, в зоне лесотундры, при исследованиях 3D номинальной кратностью 18. Предварительно в различных поверхностных условиях были проведены одиночные опыты с целью определения максимально эффективных параметров возбуждения поверхностного источника «Геотон» в сравнении с взрывом ВМ в скважине как эталоном. При этом выяснились следующие особенности сейсмической записи, полученной с использованием импульсного поверхностного источника.

1. На исходных сейсмических записях, зарегистрированных в случае применения невзрывного источника, вне конуса поверхностной помехи в интервале времени 0,9-2,8 с устойчиво прослеживаются волны С, Г, Б. Волны нижнемелового интервала разреза М₁ и М прослеживаются менее устойчиво, а волны продуктивного интервала - между М и Б, волна Т, верхнеюрского интервала и более поздние - спорадически. С взрывным источником интервал устойчивого прослеживания отражений шире, вплоть до 3,8 - 4,0 с (волна А).

2. Интенсивность и разрешенность полезной записи в случае применения источника «Геотон» в целом ниже, чем для взрывного источника.

По интенсивности соотношение следующее: на «обычных» мерзлотных участках тундры «невзрывные» записи отраженных волн на времени $T_0 = 3,8$ с слабее «взрывных» примерно на 30-40 Дб. На существенно мерзлотных участках (мерзлотные бугры), где с увеличением времени регистрации отмечается более резкое уменьшение амплитуд отражений, различие в интенсивности регистрируемых отраженных волн минимально и составляет 20-30 Дб.

На мерзлотных участках граничные частоты спектров отражений (по уровню 0,5) для обоих источников довольно близки, но в случае возбуждения колебаний «Геотоном» амплитудно выразительнее область низких частот спектра. Для взрывов же наблюдается обратная картина. На участках подмерзлотных растеплений, из-за приповерхностной мерзлой корки мощностью 5-11 м (по данным бурения взрывных скважин), для этих двух источников отмечается даже некоторая инверсия амплитудных максимумов спектральных характеристик отражений, о которых говорилось выше.

3. Поверхностная волна при возбуждении колебаний источником «Геотон» имеет большую

интенсивность, чем при взрыве в мерзлоте, но меньшую, чем при взрыве в плавуне. Характерной регулярной помехи в случае взрыва в льдистом разрезе - «повторных ударов», при работе «Геотонов» не зафиксировано.

4. Оптимальное количество накапливаемых возбуждений группой из 16-ти модулей «Геотон» находится в интервале 15-20.

Для более полной характеристики энергетических возможностей невзрывного источника на рис. 1 приведены фрагменты сейсмограмм, полученных в типичных тундровых условиях на одном и том же ПВ, относящиеся к наиболее удаленным линиям приема. А с целью демонстрации разрешенности волнового поля выбран вариант записи после

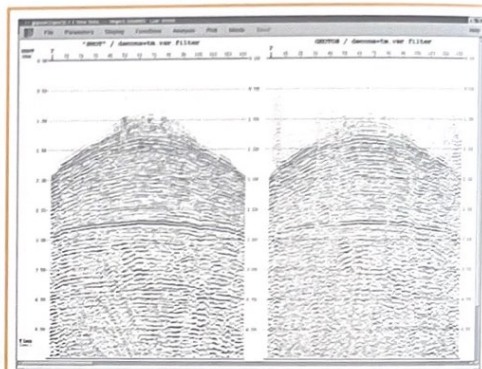


Рис. 1. Фрагменты сейсмограмм, полученных в условиях тундры с использованием источников: А - взрывного, В - импульсного «Геотон». (выполнены процедуры деконволюции и переменной во времени фильтрации)

деконволюции и переменной во времени полосовой фильтрации.

Таким образом, перед началом съемки 3D в опытном режиме с применением «Геотонов» уже было известно, что будут получены записи с меньшей интенсивностью и разрешенностью отраженных волн, с большим уровнем помех, но с более однородным обликом волнового поля, независимо от различных поверхностных условий возбуждения.

Съемка 3D с источником «Геотон» была проведена по производственной системе наблюдений и в производственном режиме на площади 6,6 кв. км (по периметру ПВ). При этом было выполнено более 300 физических наблюдений 3D. Параметры опытного импульсного источника - группы из 16-ти модулей «Геотон» - были следующими: сила импульсного воздействия каждого модуля - 30×10^4 Н, рабочее напряжение заряда конденсаторных батарей - 900 В, база линейного группирования трех щепов модулей ($6+6+4 = 16$ шт.) - 20-25 м, количество воздействий - 16. Для сравнения, параметры взрывного (производственного) источника, использовавшегося на участке исследований, таковы: заряд ВВ типа ТЛ-2,5 - 7,5 кг, глубина погружения заряда в одиночную скважину - 16 м.

Обработка полученных материалов выполнена по стандартному графу в обрабатывающей системе FOCUS. На этом процессе задерживать внимание не будем, а на рис. 2-5 покажем лишь

некоторые, важные на наш взгляд, его материалы.

Рис. 2 иллюстрирует прекрасное совпадение (примерно до времени 4,1 с) поведения кривых амплитуд $A(t)$ зарегистрированных волновых полей, инверсные аналоги которых использованы в качестве кривых усиления записи (для каждого источника отдельно).

Рис. 3 демонстрирует одноименные для обоих источников временные разрезы inline полученных кубов сейсмических данных, слева и в центре - по итогам стандартной обработки, справа - тот же «невзрывной» разрез после применения к нему

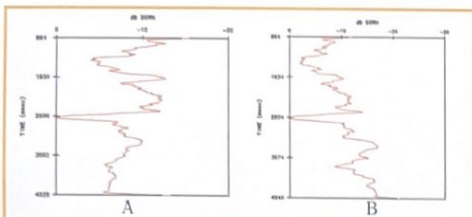


Рис. 2. Амплитудные графики $A(t)$ сейсмических записей при возбуждении источником: А - взрывным, В - импульсным «Геотон».

спектральной балансировки, дополнительной переменной во времени более жесткой ФНЧ, когерентных фильтров для подавления случайных помех (SIGNAL) и (FKPower). Сравнивая разрезы, мы видим, что по амплитудной выразительности левый и правый разрезы кажутся довольно близкими, но, тем не менее, сопоставив аналоги (левый и центральный), для невзрывного источника отмечаем все же недостаточное превышение уровня полезного сигнала над помехой как в целевом интервале М-Б, так и после волны Б. Эту относительную насыщенность высокочастотными помехами «невзрывного» волнового поля также демонстрируют рис. 4 и 5. На них представлено распределение частот в зависимости от времени регистрации до и после поверхностно-согласованной предсказывающей деконволюции.

Представленные выше материалы позволяют сделать следующие выводы. Применяя импульсный электромагнитный источник, можно добиться амплитудной и отчасти частотной выразительности записи, близкой к достигнутой при помощи взрывного источника, только значительно снизив шумовую составляющую поля по отношению к его полезной части - методическими приемами (увеличив в первую очередь кратность наблюдений), увеличением числа источников и (или) их мощности, снижением уровня помех во время регистрации волнового поля, специальными процедурами обработки данных. В данном случае, на наш взгляд, кратность суммирования по ОСТ необходимо было бы увеличить в 1,5-2,0 раза,

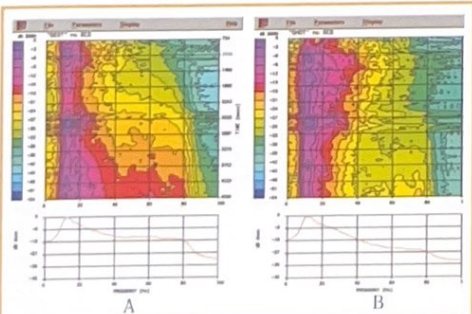


Рис. 4. Спектральные характеристики временных разрезов до процедуры деконволюции, характеризующие источники: А - взрывной, В - импульсный «Геотон».

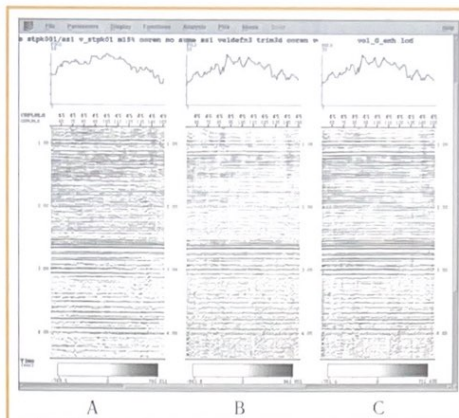


Рис. 3. Временные разрезы, характеризующие сейсмическую эффективность источников: А - взрывного, В и С - импульсного «Геотон». А и В - после стандартной обработки, С - после дополнительных процедур к разрезу В.

число источников «Геотон» довести до 24-х. То есть, выявленные особенности источника необходимо учитывать при планировании сейсморазведочных работ.

Основные выводы.

1. На территориях Западной Сибири, в том числе и в районах развития ММП, адекватно подобранные в комплексе: методика полевых работ, энергетические возможности набора модулей «Геотон» в сочетании с другими приемами повышения отношения сигнал/помеха позволяют получать сейсмические материалы, решающие геологические задачи по изучению строения осадочного чехла и даже глубже залегающих образований промежуточного структурного этажа (ПСЭ). При этом, на наш взгляд, минимально необходимое в группе количество модулей с силой импульсного воздействия каждого $30 \cdot 10^4$ Н - 18, достаточное - 24.

2. При планировании сейсморазведочных работ необходимо учитывать несколько меньшую частотную разрешенность волнового поля отражений импульсного источника, в основном на больших временах регистрации по сравнению с взрывным источником.

Литература

1. Свидетельство на полезную модель №23688 (Иванчиков НА, Резвов В.В.)
2. Волков Г.В., Кузнецов В.И., Кокшаров В.З., Резвов В.И. Использование источника «Геотон» при скважинных сейсмических исследованиях в Западной Сибири. Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», № 1, 2003 г.
3. Анкушев В.В., Резвов В.И., Гурьев С.В. Возможности сейсморазведки на основе группирования источников «Геотон». Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», № 4, 2004.

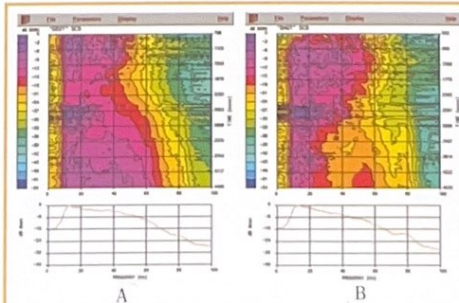


Рис. 5. Спектральные характеристики временных разрезов после процедуры деконволюции, характеризующие источники: А - взрывной, В - импульсный «Геотон».

ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ: ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ СЕЙСМОМОНИТОРИНГА

Методика азимутального кинематического и динамического анализа данных МОГТ 3D

Белоусов А.В., Башкардин В.В., РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, г. Москва

Сейсморазведочные работы 3D предоставляют для анализа обширный материал о каждой точке изучаемой среды. Традиционный подход к оценке параметров подразумевает осреднение большого объема данных и получение оценок лишь части параметров. При этом часто не учитываются истинно трехмерные (азимутально-зависимые) характеристики сейсмической записи. Предлагаемая методика позволяет оценить локальные характеристики волнового поля и получить уточняющие значения скоростей сейсмических волн и параметров поглощения по исходным сейсмограммам ОСТ. Подобного рода анализ может проводиться в рамках графа стандартной обработки сейсмических данных. Результирующие значения позволяют оптимизировать операторы суммирования и определить наличие и характер азимутальной анизотропии в среде.

Кинематический анализ

Проведение азимутального скоростного анализа позволяет ввести понятие скоростей в среде по направлению $v(\theta)$, построить азимутальные индикатрисы скоростей и таким образом уточнить геологическую модель, тип и характер анизотропии в горных породах.

Теоретические основы методики азимутального скоростного анализа способом параметрических диаграмм (СПД; КПД - для кинематических параметров) были предложены проф. А.К. Уруповым в 60-х годах XX века для 2D-данных [3]. Данную методику можно обобщить на случай трехмерных наблюдений и стандартно используемых систем наблюдений (ортогональная, зигзаг, кирпич и т.п.).

Учитывая преобладающий объем сейсморазведочных работ методом ОГТ, можно представить следующую последовательность анализа.

- Формирование подборки ОСТ, обладающие максимально широкими и равномерными спектрами азимутов и удалений. Так как вид таких подборок не зависит от методики обработки площади, а зависит лишь от вида системы наблюдений, можно составить обобщенные диаграммы распределений искомых параметров для разных видов систем с целью оптимального выбора трасс на этом этапе.

- Выбор размера сектора азимутального анализа и последовательности анализа по секторам. По сформированным подборкам среднего азимута строятся вертикальные спектры скоростей и определяются значения эффективных скоростей ($v_{ост}(\theta)$).

- Обобщение данных по секторам, построение индикатрис $v_{ост}$ для заданного события ($t_0 = \text{const}$). По форме полученных индикатрис оценивается характер азимутальной анизотропии в среде. Азимутальная индикатриса ОСТ имеет вид эллипса [1]

$$v_{ост}(\theta) = \frac{v_{ef}}{\sqrt{1 - \sin^2 \varphi_{ef} \cos^2(\theta - \psi_{ef})}}$$

Где θ - азимут наблюдений; φ_{ef} - эффективный угол наклона границы; ψ_{ef} - эффективный азимут

простираения границы, v_{ef} - эффективная скорость.

- Исключение влияния угла наклона. Кинематический анализ в значительной мере подвержен влиянию углов наклона горизонтов, что следует из уравнения индикатрисы. Эффекты анизотропии и угла наклона в общем случае накладываются друг на друга, поэтому для исключения влияния угла наклона возможно использование результатов структурных построений по данным стандартной обработки.

- Пересчет эффективных скоростей в предельные эффективные и определение интервальных скоростей по формуле Урупова - Диска для среды с плоскими несогласно залегающими границами [1,2]

$$v_{nt} = K \cdot \sqrt{\frac{\Delta(v_{ef}^2 t_0)}{\Delta t_0}}$$

Где: Δ означает разность параметров кривой и подошвы пласта (интервала), K - коэффициент, учитывающий углы падения и простираения и определяемый по формуле

$$K^{-1} = \sqrt{1 - \sin^2\left(\frac{\varphi_{ef1} + \varphi_{ef2}}{2}\right) \cos^2\left(\theta - \frac{\varphi_{ef1} + \varphi_{ef2}}{2}\right)}$$

- Анализ полученных кинематических параметров и атрибутов волнового поля для получения дополнительной информации о физических свойствах среды.

Пример анализа кинематических параметров и атрибутов для реальных данных

Для иллюстрации приведенных выше положений, а также оценки эффективности методики в целом, был выполнен азимутальный кинематический анализ по одной из площадей Западной Сибири, отработанной по методике трехмерных наблюдений с кратностью прослеживания 24 и следующими параметрами системы: шаг ЛППВ = 400 м, шаг ЛПП = 300 м, Δ ПВ = Δ ПП = 50 м, установка центрально-симметричная, 6 линий по 96 каналов. Исходные данные осложнены статическими эффектами, обусловленными влиянием, главным образом, верхней части разреза, поэтому предобработка включала в себя итеративную коррекцию статических поправок. Стандартно регистрируемый диапазон удалений, соответствующих трассам с относительно устойчивой формой сигнала - $l = 0 \div 3000$ м.

Низкая кратность наблюдений приводит к необходимости выбора достаточно большого размера сектора анализа, в данном случае 30° . Для азимутального анализа требуется минимально порядка 600 трасс (условие наличия информации по разным удалениям в каждом секторе), что соответствует площади 5×5 бинов для кратности наблюдений 24. Некоторое ослабление эффектов такого осреднения достигается проведением независимых азимутальных анализов по секторам, перекрывающимся на 15° , с последующим совмещением результатов на единой индикатрисе.

На рис. 1 представлены полученные индикатрисы азимутальных скоростей ОСТ для разных значений t_0 (значения соответствуют

временам регистрации основных отражающих горизонтов). Следует отметить унаследованный характер индикатрис при переходе от более старых пород к более молодым; на больших временах индикатрисы дополнительно осложнены азимутальной анизотропией, выражающейся в побочных максимумах для секторов со средними значениями θ (-30°) и ($+120^\circ$).

По индикатрисам ОСТ были построены индикатрисы интервальных скоростей (интервалы соответствуют толстослойной модели среды). Результаты построения хорошо согласуются с результатами промышленной обработки данных, в то же время позволяя уточнить кинематические параметры по различным азимутам.

Результаты анализа могут использоваться при интерпретации скоростных характеристик среды, процедура анализа при этом органично включается в стандартный граф обработки.

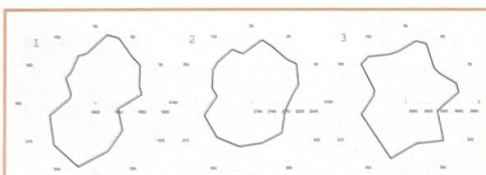


Рис. 1. Индикатрисы скоростей суммирования для различных времен t_0 : (1) $t_0 = 750$ мс; (2) $t_0 = 1600$ мс; (3) $t_0 = 2225$ мс.

Динамический анализ

Стандартный подход к обработке сейсмических данных оперирует, прежде всего, кинематическими характеристиками исходных записей, ограничиваясь необходимыми минимумом динамических параметров, либо не используя их вообще. Однако динамические характеристики сейсмических записей могут предоставить ценную вспомогательную информацию необходимую для создания более точного представления о строении изучаемых недр.

Рассмотрим горизонтально-слоистую среду, состоящую из M слоев, в которой

$$V = V_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{\sum V_i^2 \Delta t}{\sum \Delta t}}$$

Амплитуду регистрируемых отражений от границ слоев можно описать следующим образом:

$$U[t(l)] = U(t_0, l) = a_0 \frac{D(t)}{Q(t)} F(t) B(t) * f_0(t), \quad (1)$$

где

$$D(t) = \prod_{m=1}^M (1 - R_m)(1 + R_m) R_m = e^{-\eta t}$$

- отражение от M -ой границы и прохождение через все вышележащие границы раздела слоев, R_m коэффициент отражения для m -ой границы при нормальном падении;

$$F(t) = e^{-\alpha t} \quad \text{- поглощение в среде;}$$

$$B(t) = e^{-\beta t} \quad \text{- рассеяние в среде;}$$

$$\frac{1}{Q(t)} = \frac{V_1}{V^2 t} = e^{-\gamma t} \quad \text{- расхождение,}$$

V_1 - скорость в первом слое, $f_0(t)$ -импульс единичной амплитуды.

Изменение амплитуд со временем будет

являться экспоненциальной функцией и, используя разложение в ряд этой функции, можем записать:

$$U(t) = a_0 e^{-\xi t} = a_0 (1 - \xi t + \frac{1}{2!} \xi^2 t^2 - \dots), \quad (2)$$

где $\xi = \alpha + \beta + \eta + \gamma$ - обобщенный параметр затухания, включающий в себя все вышеописанные динамические эффекты: расхождение, поглощение, рассеяние, прохождение и отражение.

Воспользуемся следующей оценкой изменения амплитуд с удалением для конкретного времени t_0 на нулевом удалении [1]:

$$b(t_0) = \int_{l_0}^{l_1} U(t) p(l) dl \approx \sum U_i p_i,$$

$$c(t_0) = \int_{l_0}^{l_1} U(t) s(l) dl \approx \sum U_i s_i,$$

$$K(t_0) = \frac{b(t_0)}{c(t_0)} = \frac{\sum U_i p_i}{\sum U_i s_i},$$

$$t = t_0 \sqrt{1 + \frac{l^2}{t_0^2 V^2}}; \quad t_0 + \frac{l^2}{2V^2 t_0}, \quad t^2 = t_0^2 + \frac{l^2}{V^2},$$

$$\int_{l_0}^{l_1} p(l) dl = 0, \quad s(l) = |p(l)|.$$

Используя (1) в выражении для $K(f_0)$ и ограничившись двумя членами в ряде экспоненциальной функции (квадратичная аппроксимация) с учетом $V = V_{\text{ср}}$, приходим к квадратному уравнению относительно ξ следующего вида:

$$\left[(V^2 t_0^2 + \frac{M^2}{2}) K - \frac{A^2}{2} \right] \xi^2 - \left[(V_0 D + \frac{M^2}{2V_0}) - \frac{A^2}{2V_0} \right] \xi + KD = 0 \quad (3)$$

$$A^2 = \sum l_i^2 p_i, \quad M^2 = \sum l_i^2 s_i, \quad D = \sum s_i.$$

Подготовка данных

Рассмотрим некоторые особенности подготовки данных для вычисления предложенной динамической характеристики, а также ограничения, накладываемые данными, полученными в реальных условиях.

- Сейсмические трассы в пределах конкретных полевых записей ОПВ характеризуются высокой степенью когерентности уровня амплитуд полезных отражений. При приемлемом соотношении сигнал/помеха изменение амплитуд вдоль осей синфазности в пределах сейсмограммы ОПВ хорошо прослеживается и коррелируется. При пересортировке трасс для получения подборки ОСТ соседними оказываются трассы, относящиеся к разным пунктам взрыва. Если энергия источника в этих пунктах была различной, то амплитудный уровень одного и того же отражения на соседних трассах ОСТ может заметно отличаться, создавая ложные локальные амплитудные аномалии.

- Предложенный алгоритм расчета согласно (1) оперирует записями $U(t_0)\xi$, в пределах которых полезные отражения имеют горизонтальные оси синфазности, т.е. подразумевает ввод кинематических поправок. Операция коррекции кинематического сдвига приводит к смещению отсчетов трасс в сторону меньшего времени в зависимости от удаления и заданной скорости ОСТ. Смещение



ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

отсчетов в соответствии с растущей функцией $V_{ост}$ приводит к различному сдвигу разных временных отсчетов трассы одного фиксированного удаления, что приводит к растяжению и искажению формы сигнала.

- Ввод кинематических поправок также приводит к появлению искаженной неинформативной части сигнала на малых временах и большей части удалений для этих времен, что необходимо учитывать при суммировании по осям $t_0 = \text{const}$.

- Реальные системы наблюдений могут определять неравномерный спектр удалений для ОСТ. Для наиболее точного расчета динамических характеристик предпочтительно наиболее полное и равномерное распределение удалений.

- Остаточные статические сдвиги трасс, а также локальные кинематические эффекты, влияющие на гиперболичность додографа ОСТ, также могут приводить к смещению отдельных отражений относительно горизонтальных осей.

Перечисленные выше особенности реальных данных связаны с различными эффектами неравномерности. Достаточно эффективным способом их преодоления и нивелирования является формирование суперподборок, когда при расчете и анализе предложенных параметров для некоторой фиксированной точки берутся все трассы, находящиеся в пределах заданного радиуса от этой точки. Таким образом, перед подачей исходных данных на вход процедур вычисления обобщенного параметра затухания и его азимутальных зависимостей они должны пройти предварительную обработку, которая состоит из:

- формирования суперподборок с относительно полным и равномерным набором азимутов и удалений, при этом из трасс с очень близким значением удаления целесообразно часть исключить;
- деконволюции (опционально);
- ввода априорных статических поправок;
- ввода кинематических поправок;
- ввода дополнительных статических поправок.

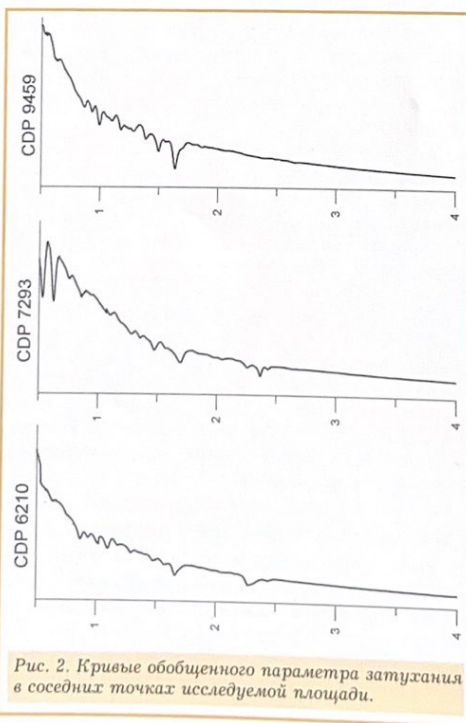


Рис. 2. Кривые обобщенного параметра затухания в соседних точках исследуемой площади.

Коррекции амплитуд за сферическое расхождение не требуется. Для ввода кинематических и статических поправок следует брать результаты обработки по стандартному графу для второй или третьей итерации уточнения. При суммировании вдоль осей $t_0 = \text{const}$ для устойчивости расчетных значений от точки к точке целесообразно оперировать абсолютными значениями амплитуд сейсмических трасс, вычислять их среднеквадратическое значение в достаточно малом временном окне, а также сглаживать кубическими сплайнами характеристику изменения амплитуд с удалением K/t_0 .

Для расчета азимутальных зависимостей необходимо произвести выборку трасс ограниченного диапазона значения азимута из полученной суперподборки. Границы диапазона выбираются таким образом, чтобы производная азимутальная подборка содержала по возможности равномерный набор удалений.

Пример анализа динамических параметров и атрибутов для реальных данных

Для расчета обобщенного параметра затухания были использованы данные одной из площадей Западной Сибири. Кривые параметра обобщенного затухания, вычисленные по суперподборкам, сформированным в нескольких соседних точках площади, представлены на рис. 2.

В сформированных подборках максимальное удаление не превышало 3000 м. Далее из них были получены азимутальные подборки шириной 30° и шагом 15° , по которым в соответствии с предложенной методикой был рассчитан параметр ξ . На основе полученных значений для основных опорных горизонтов, используемых при традиционной обработке и интерпретации в данном районе, были построены азимутальные диаграммы обобщенного параметра затухания. Для целей интерпретации кинематические и динамические диаграммы были совмещены (рис. 3).

Ограничения методики

Рассмотрим сравнительные характеристики модельных и реальных данных по ряду параметров и ограничения, накладываемые реальными данными на возможности анализа.

- **Тип подборки:** реальные данные всегда представлены подборками ОСТ, в то время как для восстановления модели требуются подборки ОГТ (ОТО).

- **Распределение азимутов:** реальные данные представлены неравномерным, зависящим существенно от геометрии системы наблюдений распределением, при этом сгущение данных происходит в направлении inline, для восстановления модели требуется провести по-секторное суммирование, возможно, с привлечением некоторых весовых функций для получения относительно равномерного распределения по бинам.

- **Распределение удалений:** в зависимости от типа системы наблюдений, удаления могут быть распределены относительно равномерно в пространстве t^2 .

- **Количество секторов анализа** в случае реальных данных ограничено количеством трасс в азимутальном секторе, содержащем наименьшее число трасс.

- **Тип анализа секторов:** выбор азимутального сектора $\Delta\theta$ и методики перебора секторов (без перекрытия, с частичным/половинным перекрытием).

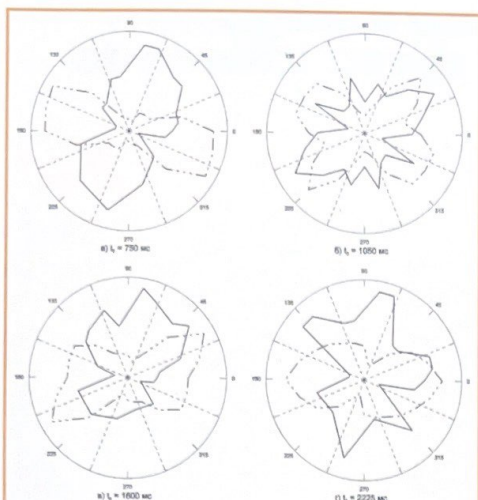


Рис. 3. Совмещенные азимутальные динамические (пунктирная линия) и кинематические (сплошная линия) диаграммы для четырех основных отражающих горизонтов в одной из точек площади.

Помимо соображений, приведенных выше, реальные данные в значительной мере осложнены статическими эффектами и влиянием ВЧР, а также условий возбуждения и приема.

Равномерное распределение азимутов и удалений, достигаемое в модельных данных интерполяцией трасс, на реальных данных недостижимо. Единственно приемлемый путь к ослаблению эффектов неравномерности - формирование суперподборок - при вовлечении в анализ всех трасс, находящихся в пределах некоторого радиуса R от точки анализа. Выбор R определяется типом системы наблюдений, кратностью и условием локальности получаемой оценки; минимальное значение R должно формировать в каждом секторе репрезентативные выборки трасс для проведения анализа. Для ортогональных систем наблюдений при бине 25×25 м R может принимать значения от 25 до 100 м в зависимости от кратности наблюдений. Системам с более равномерным распределением удалений (зигзаг, круговая) соответствуют меньшие значения R .

Возможно, что перебор значений R в зависимости от целевого горизонта анализа приведет к улучшению качества анализа, в то же время существенно возрастают затраты на интерактивную обработку.

Еще один немаловажный аспект подготовки данных - формирование максимально равномерных по удалениям подборок в каждом секторе за счет исключения части трасс на участках с близкими значениями удалений.

Следовательно, любые реальные данные, подаваемые на вход азимутально-зависимых процедур, должны пройти предварительную предобработку, основные этапы которой нацелены на устранение неравномерности выборок и подавление статических эффектов. Оптимальными для анализа следует признать данные, обработанные по стандартному графу, на этапе второй - третьей итерации определения кинематических параметров.

Выводы

Данные трехмерных наблюдений сейсморазведки содержат важную информацию о

скоростях и анизотропии, не полностью используемую в стандартном графе обработки. Эта дополнительная информация позволяет определить различные азимутальные факторы, и использование ее представляется оправданным для повышения точности получаемых моделей.

Таким образом:

- Вид геометрии системы наблюдений оказывает существенное влияние на результаты скоростного анализа. Проектирование геометрии съемки 3D должно вестись с учетом возможности проведения обработки с привлечением истинно-трехмерных процедур

- Проведение азимутальных видов анализа позволяет уточнить значения параметров в точках анализа по выделенным направлениям.

- Индикатрисы эффективных скоростей (интервальных скоростей) дают представление о характере азимутальной анизотропии в среде.

По результатам расчета параметра обобщенного затухания ξ и его азимутальных зависимостей для данных 3D можно сделать следующие выводы:

- общий экспоненциальный затухающий характер кривых ξ хорошо согласуется с теоретическими предпосылками, лежащими в основе рассматриваемого метода;

- локальные отклонения значений ξ на определенных временах t_0 очевидно коррелируются с отражениями, выделяемыми на полевых сейсмограммах;

- общий характер кривых ξ , рассчитанных в соседних точках, сохраняется от точки к точке за исключением локальных отклонений, связанных с сейсмическими отражениями;

- азимутальные диаграммы ξ для различных времен t_0 имеют унаследованный характер;

- при совмещении азимутальных диаграмм обобщенного параметра затухания с соответствующими кинематическими диаграммами выявляется противоположная направленность их максимумов;

- исходя из предположения, что для данного разреза направление максимальной эффективной скорости возможно обусловлено направлением трещиноватости, а затухание амплитуд максимально в противоположном направлении, можно предположить, что подобное направление максимумов кинематических и азимутальных диаграмм вызвано наличием анизотропии.

Благодарности:

Авторы глубоко признательны Адаму Константиновичу Урупову, чьи идеи легли в основу данной методики.

Литература

1. Урупов А.К. Основы трехмерной сейсморазведки. - М.: Нефть и газ, 2004.
2. Урупов А.К., Левин А.Н. Определение и интерпретация скоростей в методе отраженных волн. - М.: Недра, 1985.
3. Урупов А.К., Кивокурцев В.И. Способ интерпретации наблюдений по методу отраженных волн с помощью параметрических диаграмм (способ параметрических диаграмм). Разведочная геофизика, вып. 1, Недра, М., 1964, с.27-31
4. Cordson A. et al. Planning Land Seismic Surveys in Two and Three Dimensions. - SEG, 1999.
5. Vermeer Gijls. O. 3D-seismic survey design. - SEG, 2002.



ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ



Учет поверхностных неоднородностей по материалам, полученным в производственном режиме с использованием вибросейсмических источников

Завьялов В.А., ОАО "Хантымансийскгеофизика", г. Ханты-Мансийск

Как показывают результаты сейсморазведочных исследований, одной из проблем в Среднем Приобье был и остается до настоящего времени учет зоны малых скоростей (ЗМС) и неоднородностей верхней части разреза (ВЧР) по материалам вибросейсмических партий (ВСП). На территории нефтегазоносного Среднего Приобья [3] такими партиями отработано более 25000 км профилей. Часть этих профилей криволинейные с невысокой кратностью, так как отработаны на дорогах по относительно редкой сети профилей с целью снижения стоимости полевых работ. По результатам тематических исследований (Завьялов В.А., Алексеева Р.П. и др., 1989 г., АО "Хантымансийскгеофизика") надежность работ с вибросейсмическим источником оценивалась существенно ниже, чем по взрывным исследованиям. Например, по отражающему горизонту Г (кровля сеномана) точность структурных построений составляла по работам с виброисточником - 19 м, с взрывным источником - 9 м. В данной работе рассмотрены некоторые возможности компенсации и особенности учета поверхностных неоднородностей с целью повышения надежности структурных построений с использованием материалов производственных работ. Корректный их учет, несомненно, позволит выявить и подготовить новые структурные и неструктурные объекты, а также ликвидировать в ряде случаев ранее выделяемые ложные поднятия.

Следует отметить, что при работах с взрывным источником ЗМС на ряде площадей может учитываться при использовании данных, полученных по взрывным скважинам (t_0 - вертикальное время, h - глубина заложения заряда). Влияние ЗМС учитывается полностью, если они вскрывают ее на полную мощность, учитывается частично, если скважины не на всей площади прошли ЗМС, и не учитывается вовсе, если мощность ЗМС больше чем глубина заложения заряда (последние два примера типичны для сейсмических материалов, полученных в Среднем Приобье). При работах же с невзрывными источниками такие данные, как t_0 и h - отсутствуют, что и создает определенные трудности при обработке и решении этой задачи традиционными способами (использование эффективных скоростей, учет отдельных низкочастотных, локальных аномалий программами автоматической коррекции статики). Следует отметить и тот факт, что в условиях монотонного изменения ЗМС и ВЧР аномалии визуально не выражены ни в поле скоростей, ни поле времен, если рассматривать каждый профиль отдельно. Поэтому одним из надежных и корректных направлений является выявление и компенсация аномального эффекта на уровне получения временных разрезов по всем профилям и по всей площади. Это относится в первую очередь к условиям, когда в наличии имеется ограниченное количество данных бурения, а сейсмическая информация получена с невысоким соотношением сигнал/помеха по сейсмическим данным ранних работ (полученным 10-20 лет назад). По материалам прошлых лет перспективы таких площадей после первых результатов бурения ранее оценивались, как правило, невысоко. В тоже время, даже учет на

уровне картопостроения (Завьялов В.А., Чихарев А.В. 1989 г. тематические работы ОАО "Хантымансийскгеофизика") позволил получить данные, по которым существенно выросли перспективы площадей; к таким положительным примерам относятся в частности: Сугмутское месторождение, Умсейско-Пямалихская площадь, Северо-Галыновская, Верхнеязымская группа поднятий и др.

Условно можно выделить два направления решения проблемы учета поверхностных неоднородностей: первое - с полевыми работами; второе - с камеральными исследованиями. Если обратиться к основным печатным трудам, связанным с методическими разработками и приемами работы с ВСП, а также учетом влияния ЗМС [4,7,8], то можно отметить некоторые моменты:

1. Предлагается работать с минимальными выносами, начиная с 200-400 и более метров, чтобы освободиться от поверхностной волны.

2. Для учета влияния ЗМС на основе некоторых первых результатов, полученных более 10-15 лет назад, обосновывается бесперспективность ВСП для изучения ЗМС мощностью более 4-5 м, и тем более для определения и учета низкочастотной составляющей по данным производственных партий в настоящее время.

3. Предлагается для изучения поверхностных неоднородностей использовать отработку в поле сети отдельных зондирований методом преломленных волн (МПВ) с применением взрывных или импульсных источников. Рекомендуется выполнение МСК и отработка (дублирование) профилей по методике микро-ОГТ ("характеризующихся достаточно высокой эффективностью").

Эти полевые методические приемы использовались в начальный период, на сегодня применение данного подхода представляется ошибочным по следующим причинам:

- сегодня мы можем существенно освободиться от влияния поверхностной волны при обработке, а как показали дальнейшие исследования и переработка материалов прошлых лет, не использование при регистрации ближних удалений при невысокой кратности было в ряде случаев фатальным заблуждением;

- подошва зоны малых скоростей (кровля ВЧР) устойчиво определяется по производственным работам, то есть картирование низкочастотной составляющей (на фоне корреляционных шумов) ЗМС не вызывает особых проблем при проведении специальной обработки [2], картирование высокочастотной составляющей обеспечивается при использовании стандартных обрабатываемых пакетов;

- отработка зондирований для изучения ЗМС или ВЧР в полевой сезон при шаге между ними более 300-400 м и использование, полученных дискретных данных для расчета и коррекции статических поправок согласно модельным расчетам, не только не повышает надежность их учета, а вносит дополнительные, в ряде случаев неустраняемые погрешности во временные разрезы. Об искажении геометрии подошвы ЗМС при зондированиях свидетельствует также сопоставление с данными, определенными по непрерывной системе производственных наблю-

дений, представленными в работе [2]. Кроме того, при исследованиях ЗМС в зимний сезон появляется интенсивная волна от кровли сезонной мерзлоты, что делает проведение этих исследований в некоторых случаях нецелесообразным, так как определение скорости прямой волны становится невозможным и затрудняется определение скорости подстилающего слоя, о чем умалчивают авторы проектов на такие "специфические исследования";

- отработка части профилей по специальной методике, направленной на изучение ЗМС и ВЧР, удорожает стоимость сейсмических исследований на 16-25%, что снижает общий геолого-экономический эффект от применения сейсморазведки. Этого удорожания хватило бы, например, для отработки 70-90 км производственных профилей ОГТ на площади или нескольких десятков квадратных километров работ 3D.

В камеральных же исследованиях применяется несколько способов по учету поверхностных неоднородностей на этапе получения временных разрезов. Отметим некоторые их особенности.

1. По сейсмическим данным, полученным при производственных исследованиях, в интерактивном или пакетном режиме, с использованием специализированных пакетов обработки полей преломленных или отраженных волн прослеживаются границы геологических несогласий. Определяются параметры толщ, создающих аномальный эффект в сейсмическом поле, рассчитываются поправки, которые используются для получения временного разреза ОГТ. Применяемые на сегодня способы достаточно трудоемки и критичны к качеству исходного сейсмического материала и практически не пригодны, особенно при использовании вибросейсмических данных 2D, а тем более 3D, полученных с невысокой кратностью, что не раз отмечалось в производственных отчетах.

2. Использование скоростей суммирования $V_{огт}$ и их дальнейшее преобразование, то есть пересчет в предельные скорости и далее в средние, а также томографические преобразования, не позволяют решать задачу с необходимой степенью надежности, тем более по криволинейным профилям. Для решения этой проблемы таким путем, нужно иметь весьма и весьма надежные однородные данные, полученные по регулярной сети наблюдений, чтобы избежать чрезмерной фильтрации (сглаживания) сейсмических параметров. Только в этом случае погрешность карт средних скоростей по верхним горизонтам, в конечном итоге, не будет превышать 5-10 м/с. Такой уровень погрешности - одно из оснований использования скоростных данных для учета поверхностных неоднородностей, он обеспечивает точность структурных карт по целевым горизонтам порядка 9-16 м. В противном случае мы будем иметь обычные "палеоразрезы" с наложенным региональным трендом первого или второго порядка. В результате подобного учета поверхностных неоднородностей искажается структурный план, уничтожается и нивелируется часть малоамплитудных поднятий и "выявляются" ложные поднятия. Следует также отметить, что при этом всегда остаются неопределенности: связанные с разнородными материалами, их качеством, краевыми эффектами; обусловленные концами сейсмических профилей, отсутствием сети опорных точек (скважин) и т.д., - то есть все то, с чем постоянно приходится сталкиваться в своей работе инженеру-геофизику при использовании таких способов. Зачастую эта работа превращается в своего рода "творчество", и его результаты у

разных исполнителей отличаются, в ряде случаев, весьма значительно. Соответствие объективным данным бурения, понятно, достигается при этом отнюдь не всегда о чем, в частности, свидетельствуют результаты бурения на Рогожниковской площади Среднего Приобья.

Сегодня обработка и переобработка материалов вибросейсмических партий может выполняться на новом методическом и техническом уровне. Это обусловлено тем, что теоретически обоснована и разработана методика получения временных разрезов по материалам производственных партий с компенсацией аномалий, вызванных поверхностными неоднородностями (Завьялов В.А., Ожогин А.В. 2001 г., Геофизическая экспедиция обработки информации ОАО "Хантымансийскгеофизика"), с использованием как преломленных, так и отраженных волн [2]. Полученные результаты показали ее весьма высокую эффективность и надежность (в первую очередь при работах 3D и, особенно, при обработке данных вибросейсмических партий). Разработанная методика основана на строгих математических расчетах [1,5,6], практически исключает человеческий фактор, конечный результат мало зависит от опыта исполнителя, а полученные данные однозначны от начала до конца профиля. В рамках этой методики полностью учитываются низкочастотные и среднечастотные аномалии независимо от их размеров по всей площади исследований. Причем, полная компенсация выполняется независимо от размеров аномалий и именно компенсация, а не выборочная корректировка (фильтрация). Это является основным отличием методики от тех программных продуктов (PAKS, ISA и др.), которые на одном из своих этапов предусматривают такую фильтрацию, и которые до сих пор разрабатываются и внедряются в производство.

Применение новой методики позволяет приступить к корректному учету аномалий временного поля, вызванных неоднородностью приповерхностной части разреза с целью повышения точности структурных построений. Результаты учета, полученные с невзрывными источниками, дают основание утверждать, что точность исследований становится не только сопоставимой с взрывными источниками, а зачастую даже выше. Это связано с изменением условий проведения буровзрывных работ, особенно, если полевые исследования проводятся в течение нескольких лет, в разное время года и различными организациями. Таким образом, при использовании данной методики применение невзрывных источников, в первую очередь с известной и управляемой формой импульса ("Вибросейс"), становится в ряде случаев более предпочтительным, чем применение взрывов.

Рассмотрим полученные результаты на

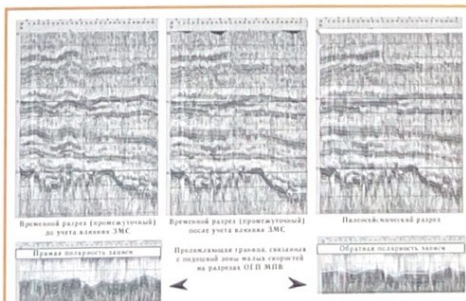


Рис. 1. Временные разрезы.



ТЕПЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ



примере площадных исследований 2D, проведенных с использованием вибросейсмического метода в Среднем Приобье. Материалы обработаны в Геофизической экспедиции обработки информации филиала ОАО "Хантымансийскгеофизика". На рис. 1 приведены временные разрезы, в частности разрез без учета влияния ЗМС. В результате дополнительной специализированной обработки данных производственных исследований с использованием метода ОГП МПВ прослежена граница ЗМС. Влияние ЗМС, как мы видим из представленного рисунка, достаточно велико и изменяется от точки к точке, что характерно для невзрывного источника. Средние скорости необходимые для вычисления временных поправок определены также по производственным исследованиям ОГТ оригинальным способом. Сопоставление временного разреза до и после учета неоднородностей свидетельствует о существенных изменениях (рис. 1). Полученные разрезы согласуются с палеоразрезом более тесно, чем исходный временной разрез, что является одним из

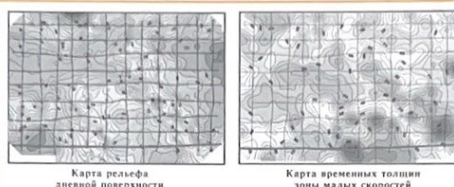


Рис. 2. Сопоставление карты рельефа и карты временных толщин зоны малых скоростей.

критериев корректности выполненной обработки: после учета зоны малых скоростей исчезли инверсионные ямы, не соответствующие поднятия по поверхности доюрского комплекса; в целом, прослеживается унаследованность поднятий на данной площади и отсутствие локальных инверсионных движений. Как выглядит карта временной мощности ЗМС и сопоставление ее с рельефом показано на рис. 2. В данном случае отмечается положительная связь между рельефом дневной поверхности и временной мощностью ЗМС. При сопоставлении карты изохрон по горизонту М (рис. 3) можно отметить, что после учета она стала более простой и что особенно важно, исчезли ложные локальные объекты, ранее выделяемые. В результате уточнилось положение, контуры и гипсометрия новых малоамплитудных малоразмерных поднятий, то есть карта стала отвечать структурному плану, и с применением способа (статистического) годографа она может быть приведена к глубинам. Использование для этой цели скоростей, определенных по данным сейсмокаротажа, выполненного на соседних площадях, вряд ли целесообразно, так как они снизят точность работ и принесут погрешность в структурные построения. В заключение приведем результаты поэтапного учета и ВЧР и ЗМС, полученные в Широком Приобье после переобработки материалов прошлых лет (рис. 4). Они убедительно свидетельствуют о надежности

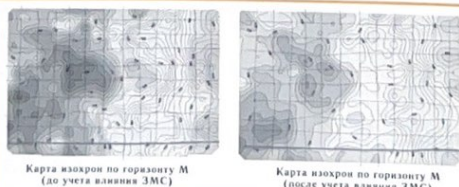


Рис. 3. Сопоставление карт изохрон по горизонту М.

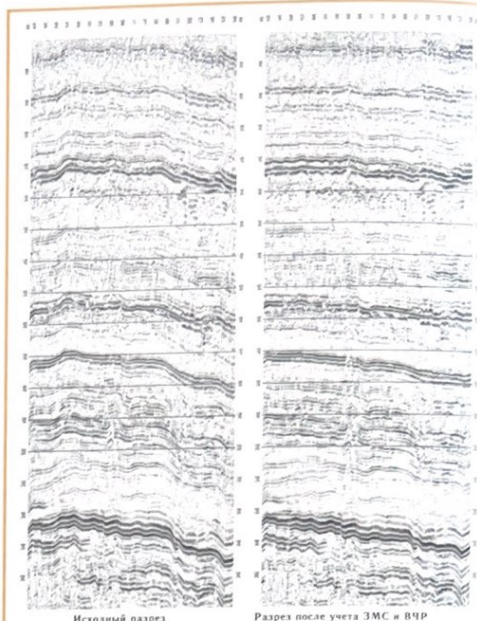


Рис. 4. Учет влияния ЗМС и ВЧР по работам вибросейсмической партии. (Приобская зона, 1990 г.)

данного подхода.

Таким образом, и по материалам прошлых лет и по современным материалам методика дает убедительные преимущества и позволяет отказаться от использования неустойчивых скоростей МОГТ и связанных с ними проблем при решении задачи учета поверхностных неоднородностей. После учета поверхностных неоднородностей изохронный и, соответственно структурный план существенно изменяется, а полученные результаты с использованием данных динамического анализа дают более надежное направление исследований.

Становится очевидным, что материалы прошлых лет, и в первую очередь материалы ВСП, следует целенаправленно и в кратчайшие сроки переобработать, в особенности на местах заложения новых поисковых и разведочных скважин, а также на площадях нераспределенного фонда лицензионных участков. Это, несомненно, позволит поднять эффективность прогноза и успешность геологических исследований уже на самом начальном этапе.

Литература

1. Гамбурцев Г.А., Ризниченко Ю.В., Берзон И.С., Епинатова А.М. и др. Корреляционный метод преломленных волн: М., Изд-во АН СССР, 1952.
2. Завьялов В.А., Бобрышев А.Н., Киселев В.А., Паздникова М.А., Ожогин А.В. Учет влияния зоны малых скоростей и неоднородностей верхней части разреза по работам МОВ ОГТ, Спецвыпуск, "Технологии сейсморазведки-II", с. 200-202.
3. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Геология нефти и газа Западной Сибири: М., Недра, 1982.
4. Кострыгин Ю.П. Сейсморазведка на сложных сигналах: Тверь, Изд. ГЕРС, 2002.
5. Старобинец А.Е., Старобинец М.Е. Цифровая обработка и интерпретация данных метода преломленных волн: М., Недра, 1983.
6. Шериф Р., Гелдарт Л., Сейсморазведка. М., Мир, 1987.
7. Шнейерсон М.Б. Наземная невзрывная сейсморазведка: М., Недра, 1988.
8. Шнейерсон М.Б. Теория и практика наземной невзрывной сейсморазведки: М., Недра, 1998.



Начало серийного производства системы управления сейсмическими вибраторами Vicont

На правах рекламы



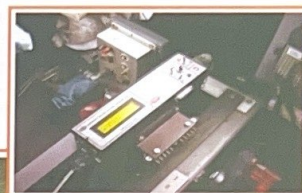
ЗАО «ГЕОСВИП» приступил к серийному производству систем управления сейсмическими вибраторами. Система включает в себя блок управления сейсмическим вибратором Vicont-002 и синхронизирующий генератор PG-002, устанавливаемый на сейсмостанцию. Проект полностью выполнен специалистами нашей компании. Технический руководитель разработки Шевкунов В. М.

Произведено оборудование для двух сейсмических отрядов, один из которых с июля 2005 г. работает в Удмуртской геофизической экспедиции на вибраторах IVI HEMI-50

Технические характеристики

№ п/п	Наименование параметра	Значение
1	Частотный диапазон, Гц	1 - 250
2	Максимальное число вибраторов	4 группы по 16 вибраторов
3	Количество библиотечных свипов	16
4	Тип библиотечных свипов	Linear, Db/Oct, Db/Hz, T-Power, Random, Pulse
5	Наличие GPS	Внешняя с подключением по COM порту
6	Средства контроля качества работы	Телеметрический контроль с записью
7	Точность запуска, мкс	25
8	Напряжение питания, В	9 - 36
9	Рабочий температурный диапазон, °С	от - 10 до + 45
10	Габаритные размеры (без амортизатор.), мм	Vicont - 280x320x70; PG - 140x320x70
11	Масса, кг	Vicont - 3,5; PG - 2;

При подключении блока к цепям управления виброисточника, кроме установки дополнительной планки для крепления, никаких дополнительных доработок не потребовалось



Синхронизирующий генератор PG-002 был установлен на сейсмостанцию Инпромарин

Операторы виброустановок, ранее прошедшие курс обучения для работы на виброисточниках IVI HEMI-50 с блоками управления Pelton Advance II, в течение пуско-наладочных работ освоили методику работы с новыми блоками и уже перед выездом на профиль уверенно приводили виброисточники в рабочее состояние, делали калибровку, а также все необходимые действия при загрузке параметров. За весь срок эксплуатации четыре блока управления виброисточниками Vicont и синхронизирующий генератор PG ремонту не подвергались.

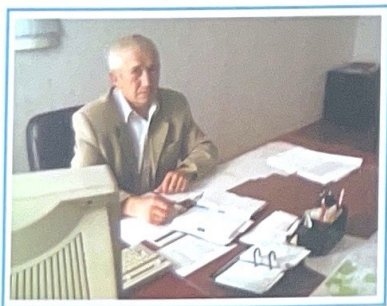
Американский эксперт Ким Митчелл (бывший президент PELTON, CO) дал высокую оценку системе Vicont и предложил сотрудничество в производстве этой системы в США.

Все источники сейсмических сигналов, выпускаемые ЗАО «Геосвип» будут комплектоваться системой управления Vicont, которая по стоимости будет на 30 - 50 % ниже аналогичных систем фирм SERCEL и I/O.

ЗАО «Геосвип» планирует в IV квартале 2005 г. провести семинар-выставку на своей производственной базе и продемонстрировать достоинства новой системы управления вибрационными источниками.

Главный конструктор по электронике ЗАО «Геосвип»..... Телков М.П.

О системе управления сейсмическими вибраторами Vicont



С июля 2005 г. Удмуртская геофизическая экспедиция проводит сейморазведочные работы с применением виброисточников IVI HEMI-50 под управлением электронных блоков Vicont, которые были установлены на место старых блоков Pelton Advance II. Приятно сознавать, что создано отечественное оборудование, не просто копирующее известные зарубежные образцы, а новое, по ряду важнейших характеристик превосходящее свои аналоги. Система управления сейсмическими вибраторами Vicont имеет заметно лучшее регулирование фазы и силы при малых габаритах и весе, проста в эксплуатации, не требует от оператора виброустановки запоминания большого количества манипуляций при запуске/остановке и при калибровке виброисточника. Важно еще и то, что есть связь с разработчиками системы, которые могут изменить или ввести дополнительные функции, позволяющие решить поставленные задачи.

Удачная разработка, у нее большое будущее.

Главный инженер
ОАО «УГЭ»

Хабибуллин Ф. Ф.

Юрубчен, сейсморазведка 3D

Антоненко А.В., ЗАО «Красноярскгеофизика»; Кашицын А.В., Жужель В.С., ОАО «Востсибнефтегаз»; Гурьев С.В., «Тюменнефтегеофизика»; Реззов В. И., ООО «Фирма ГЕОСЕЙС»

Значительный объем новой информации о строении Юрубченского нефтегазового месторождения получен в результате последних исследований района сейсмическими методами разведки. Несмотря на многолетнюю историю его изучения [1,2,3] и привычно пессимистическую оценку качества сейсмических материалов восточной Сибири, работы МОГТ 3D позволили выявить неожиданно тонкие особенности исследуемой среды. По мнению авторов статьи, некоторые элементы использовавшейся методики работ играют в этом ключевое значение.

Сейсмические работы на Юрубченском лицензионном участке проводятся для уточнения геологического строения месторождения в зоне распространения запасов категории C_2 , детального изучения структуры и направления трещин в продуктивной части разреза, прогнозирования положения и коллекторских свойств высокодебитных зон и выработки рекомендаций по постановке эксплуатационно-разведочного бурения.

Методическое сопровождение работ 3D, приемка, обработка и интерпретация полевых материалов выполнялась ЗАО «Красноярскгеофизика» (КГФ) по заказу ОАО «Восточно-Сибирская нефтегазовая компания» (ВСНК). Площадь съемки на данном участке последние несколько лет постоянно увеличивается. Первые полевые работы 3D выполнены в 1996-98 годах Илимпейской ГЭ ОАО «Енисейгеофизика» на площади 180 км². В 2002 году по договору субподряда с ООО «Богучанская ГЭ» (БГЭ) выполнены полевые работы с сезонным заданием

100 км². В 2003 г. ОАО «Тюменнефтегеофизика» (ТНГФ) выиграла конкурс на двухлетнее продолжение работ 3D с годовым заданием 450 км². К настоящему времени общая площадь съемки составляет 1166 км². Географическое положение участка показано на рис. 1.

Сезонное наращивание площади и почти десятилетняя продолжительность работ привели к тому, что методика полевых работ на некоторых смежных участках оказалась разной. Однако существенных краевых эффектов при обработке данных удалось избежать благодаря использованию однотипных источников сейсмических колебаний. ОАО «Енисейгеофизика» и ОАО «Богучанская ГЭ» использовали электромагнитный импульсный источник «Енисей», а ОАО «Тюменнефтегеофизика» - электромагнитный импульсный источник «Геотон». Оба этих источника имеют один и тот же принцип действия, но отличаются конструктивно. Фотографии источников, транспортируемых по профилю тракторами, приведены на рис.1. Система наблюдения волновых полей крестовая. Некоторые параметры ее незначительно менялись с течением времени, но большая часть площади отработана с использованием азимутально равномерной системы, шаблон которой показан на рис. 1. Он состоит из десяти приемных линий, расположенных через 400 метров. Каждая из них имеет по 128 приемных каналов с шагом 50 метров. Линии возбуждения расположены через 400 метров ортогонально приемным. Шаг пикетов возбуждения - 50 метров. При постоянном положении шаблона отрабатываются 48 пикетов возбуждения между первой и седьмой приемными линиями по центру расстановки. После этого первые шесть приемных линий коммутируются на следующую позицию. При размере бина 25х25 метров кратность ОГТ составляет 40 накоплений. Использование описанной системы наблюдения позволяет получить достаточно равномерную систему данных в пределах удалений источник - приемник до 3500 метров. На том же рисунке приведена диаграмма азимутальной направленности системы и гистограмма распределения кратности по удалениям. Регистрация волновых полей осуществлялась сейсмической станцией Sercel 408UL. В расстановке для коммутации использовалось до 2000 каналов. Приемный канал представлял собой группу из 12 сейсмических приемников GS20-DX, соединенных последовательно-параллельно с точечным группированием. То есть, все приборы группы устанавливались на минимальную, компактную площадку в утрамбованный снег на глубину 0,5 метра или в накатанную колею снегохода. Выбор всех описанных выше параметров не случаен. Ниже мы рассмотрим повлиявшие на него особенности строения изучаемой территории.

Верхняя часть геологического разреза (рис. 2) представлена породами кембрия с пластовыми интрузиями долеритов трапповой формации и четвертичными отложениями. На водоразделах сохранились ордовикские отложения. В этой



Рис. 1. Методика сейсморазведочных работ 3D на Юрубченской площади.

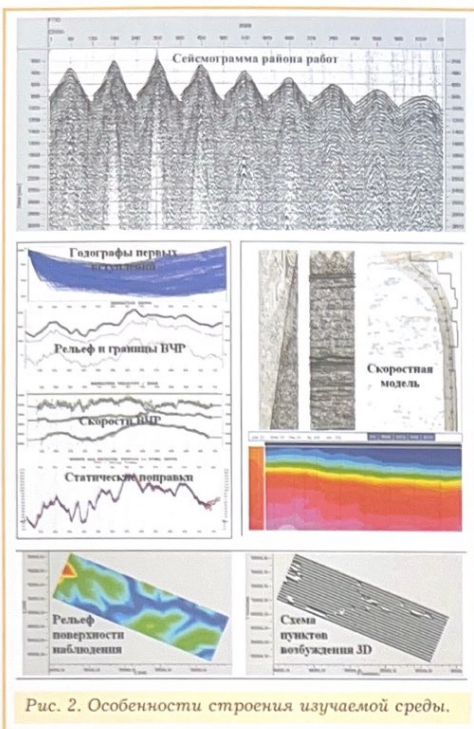


Рис. 2. Особенности строения изучаемой среды.

части акустически выделяются три зоны: зона малых скоростей (900 - 1600 м/с), зона повышенных скоростей (2800 - 3600 м/с) и зона стабилизации скоростей (4500 - 6000 м/с). Контрастные границы этих зон хорошо определяются по голограммам головных волн регистрируемых в первых вступлениях. На рис. 2 представлены результаты обработки первых вступлений. Средняя часть разреза представлена соленосно-карбонатными отложениями нижнего кембрия и терригенно-карбонатными отложениями венда, залегающими на размытой поверхности рифейского, преимущественно карбонатного, комплекса. Весь этот интервал также относится к зоне стабилизации скоростей. Распределение скоростей сейсмических волн с глубиной и зональность сейсмического разреза отчетливо просматривается на вертикальных спектрах скоростей, представленных в правой части рассматриваемого рисунка.

Как видно из графика рельефа поверхности наблюдения, изменение отметок рельефа по площади работ составляет более четырехсот метров. Эти тяжелые поверхностные условия для выполнения полевых работ дополняет развитая гидросеть. На карте поверхности наблюдения в левом нижнем углу рисунка видно частое чередование водоразделов и пойм рек. Третья особенность приповерхностной части - наличие траппов. Опыт проведения сейсмических работ в данном районе показал, что вибрационные источники сейсмических колебаний не могут работать на крутых склонах из-за опасности переворота. Также возникают сложности при работах на льду и по крутым берегам рек. В результате, проектная схема пикетов возбуждения серьезно осложняется смещениями в точки дострела. Нижний график среди параметров верхней части разреза - статические поправки, компенсирующие выявленные неоднородности. Изменения поправок по площади работ достигают 200 мс. Нет сомнения, что определить

их по отраженным волнам невозможно. Поэтому прослеживание первых вступлений головных волн в этой ситуации принципиально необходимо. Вибрационные источники не могут формировать крутой фронт вступления волны в первых вступлениях, поэтому использование импульсных источников предпочтительнее.

Проводя сравнение взрывных и невзрывных импульсных источников, следует отметить, что заглубление заряда в скважину полезно для уменьшения разного рода приповерхностных волн. Но крутой рельеф местности, реки и, главное, траппы, выходящие на поверхность приводят к существенному изменению проектной схемы пикетов взрыва и подрыву зарядов практически на поверхности земли. Невзрывные источники "Енисей" и "Геотон" справляются в данных условиях с поставленными задачами существенно лучше, поскольку с приповерхностными волнами можно успешно бороться. По этим же причинам для территории работ характерна большая стабильность формы импульса невзрывных источников. В правом нижнем углу рассматриваемого рисунка показан фрагмент фактического положения пунктов возбуждения, отработанных с источником "Геотон". Изменение проектной схемы в этом случае минимально.

Приемники группируются в точке по двум причинам. Во-первых, крутые углы падения рельефа не изменяют фильтрационные свойства такой группы вдоль приемного профиля. Во-вторых, первые вступления головной волны, распространяющейся со скоростью 3500 м/с, не растягиваются на 11 мс базой группирования

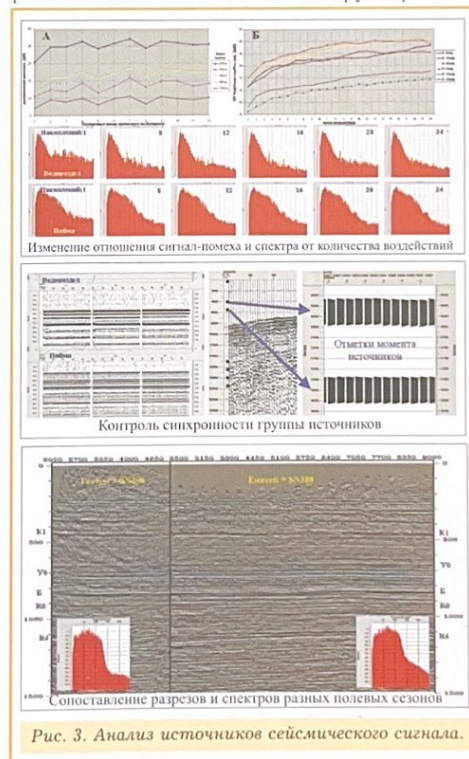


Рис. 3. Анализ источников сейсмического сигнала.

38,5 метров. Автоматическое прослеживание первых вступлений происходит на основе анализа изменения энергии трассы, обусловленное регистрацией волны от источника. Поэтому крутой фронт вступления крайне важен для точного прослеживания первых вступлений волн.



ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

При описании системы наблюдения азимутальная равномерность наблюдений рассматривалась до удалений 3500 метров. Это вызвано тем, что выбранный для обработки данных мьютинг обрезает их на удалениях, превышающих этот порог для времен регистрации целевых отражающих горизонтов. В свою очередь, мьютинг выбирался в автоматическом режиме по растяжке сейсмического импульса. Максимально допустимым значением растяжки импульса выбрано значение 30%. В этом случае не происходит существенного искажения временного разреза низкими частотами и наилучшим образом удалается цуг приповерхностных волн вблизи первых вступлений.

Большое внимание при выполнении полевых работ ОАО «Тюменнефтегеофизика» было уделено проверке идентичности получаемых результатов (источник «Геотон») с данными предыдущих сезонов (источник «Енисей»). Для этого перед началом полевого сезона на площади выполнены опытные работы.

В первую очередь эти работы позволили выбрать количество невзрывных источников в группе и количество воздействий на каждом пикете. Количество источников в группе выбрано так, чтобы на максимальном удалении взрыв-прибор уверенно прослеживались волны, возбуждаемые источником. Оказалось, что на удалениях в пять километров волны регистрируются уверенно при объединении в группу 16 источников «Геотон». Количество воздействий группы было выбрано на основе двух систем графиков, изображенных в верхней части рис. 3. Левый из них иллюстрирует изменение отношения сигнал-помеха при последовательных одиночных ударах на одном пикете. Заметное увеличение отношения сигнал-помеха в начальной части графика (3 удара) обусловлено уплотнением грунта под источником при последовательных воздействиях. Кроме этого, было обнаружено, что при первых ударах с деревьев падают шапки снега, повышая фон помех. В связи с этим было рекомендовано на пикете предварительно выполнять 3 удара без регистрации. На соседнем графике рассматриваемого рисунка изображено увеличение отношения сигнал-помеха при последовательном суммировании накапливаемых воздействий. Как и следовало ожидать, отношение изменяется как корень квадратный из количества накоплений. Ураганные помехи при суммировании становятся в количестве накоплений раз меньше. Необъяснимый перегиб этого графика в области 14 - 16 накоплений позволил объявить оптимальное число накоплений.

После выбора размера группы и количества воздействий была выполнена проверка частотного состава генерируемого импульса. На второй позиции сверху в рассматриваемом рисунке находятся частотные спектры волновых полей при положении источника в двух разных условиях - на водоразделе и в пойме реки. На первый взгляд спектры отличаются очень существенно! Но при дальнейшем анализе ситуации оптимистическая оценка берет верх: даже в худшей ситуации частотный спектр сигнала переваливает отметку 100 Гц и при увеличении накоплений неуклонно движется вверх.

Поскольку в результате работ оказалось, что окончательная сейсмограмма будет состоять из огромного количества одиночных ударов (16 источников $\times$ 16 накоплений = 256), встал вопрос о способности системы управления и синхронизации справиться с этой задачей при высокой заданной точности. Расположенный в центральной части рис. 3 блок из трех картинок показывает два имеющихся способа проверки системы синхронизации источников и воздействий. Слева показаны выборки служебных каналов, на которых записана информация с сейсмических приемников, расположенных рядом с полем источника. Функция взаимной корреляции этих данных может дать ответы о синхронности воздействий. В существующих сегодня системах управления встроены средства проверки, упрощающие этот процесс. На центральной картинке изображена сейсмограмма и служебный канал с отметками момента для каждого источника. На правой картинке увеличенное изображение двух отметок момента. Имеющиеся флуктуации момента срабатывания источников находятся в пределах 0,3 мс. Контролировать просто и быстро!

Последним этапом опытных работ было профилирование на участке 3D прошлого сезона. Результаты обработки этого материала и временной разрез куба данных по соответствующей линии представлены в нижней части рис. 3. Никаких существенных различий атрибутов сейсмической записи временных разрезов обнаружено не было. Видимый период сигнала на разрезах 70 Гц, а на частотных спектрах рабочая полоса доходит до 120 Гц.

Летит время, и вот уже в обрабатываемом проекте «ProMAX» на восьмипроцессорном сервере SUN Fire 1166 км² модели Юрубченской территории. Обработка выполнялась в два этапа. Первый этап - кинематическая обработка, второй - обработка с сохранением истинных отношений амплитуд. Оценки параметров ВЧР для расчета статических поправок выполнялись по первым вступлению головных волн (рис. 2). Далее

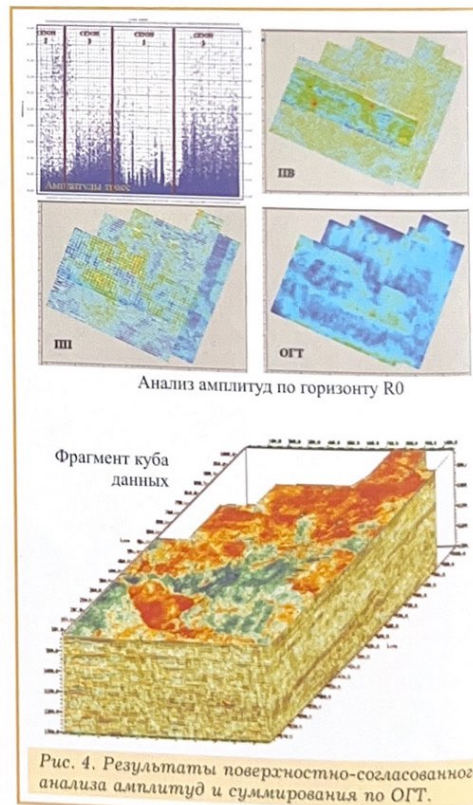


Рис. 4. Результаты поверхностно-согласованного анализа амплитуд и суммирования по ОГТ.

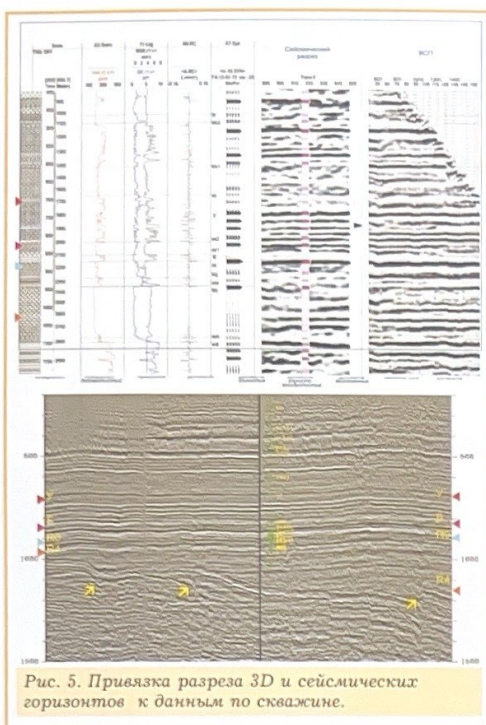


Рис. 5. Привязка разреза 3D и сейсмических горизонтов к данным по скважине.

выполнено подавление приповерхностных волн-помех частотной и всерной фильтрацией. Компенсировано затухание высоких частот процедурой Qcompensation. Выполнена минимальнофазовая деконволюция сжатия импульса. За этими преобразованиями последовали итеративные коррекции остаточных статических и кинематических поправок. Пример вертикального спектра скоростей приведен на рис. 2. Оценка корректирующих статических поправок выполнялась во временном окне 300 мс по опорным отражающим горизонтам кембрия и венда. В результате этой длительной, но не очень интересной процедуры все параметры, необходимые для оптимального суммирования сейсмограмм были получены. Дальнейшее суммирование по ОГТ, обработка данных после суммирования (FXU деконволюция) и миграция подтвердили, что данные обработаны с надлежащим качеством, и этап кинематической обработки данных можно завершать. Динамическая обработка преподнесла несколько сюрпризов. После учета геометрического расхождения и редаркции аномально высоких амплитуд, выполнения поверхностно согласованного выравнивания амплитуд за неравнозначные условия возбуждения и приема оказалось, что на составляющих по пунктам возбуждения колебаний в некоторых точках исследуемой площади существуют оценки амплитуд существенно превышающие средние значения по площади (верхняя часть рис. 4). Естественно, эти амплитуды оказались звуком работы бурящихся скважин. Выбор параметров динамической обработки несколько снизил проявления шумов в области ОГТ. И под краевыми эффектами съемок стали проступать собственно глубинные аномалии. Поверхностно согласованная деконволюция выравнивала частотный состав и, в итоге, появился окончательный мигрированный куб данных изображенный в нижней части рис. 4.

Вся дальнейшая работа выполнялась

программным комплексом "SeisWorks". В созданный проект был загружен куб амплитуд и данные геофизических исследований скважин. Выполнено моделирование волнового поля и привязка к данным по скважинам. Полученные результаты представлены на рис. 5. Прослежены основные опорные и целевые сейсмические горизонты. По этим горизонтам выполнена палеорекострукция и построены срезы куба амплитуд.

Анализ среза куба данных по отражающему горизонту У (верхняя часть рис. 6) показал, что проступающие на его поверхности концентрические объекты также хорошо прослеживаются на параллельных ему, но расположенных ниже по разрезу сечениях куба данных. Большинство из них, начинаясь вблизи этого горизонта, прослеживаются вниз по разрезу на значительную глубину. Реконструируя объекты по их сечениям, мы убеждаемся, что в пространстве они имеют вид трубок (нижний фрагмент рис. 6). Учитывая, что в данном районе скважинами вскрыты трапповые поля, можно предположить, что это - подводящие каналы интрузий долеритов или трубки взрыва. Пример моделирования трубки взрыва, приведенный в правой части рисунка хорошо согласуется с наблюдаемыми аномалиями волнового поля. Если опираться на форму объектов и их приуроченность к залежи углеводородов, то можно предположить их связь с теорией геосолитонов Р.М.Бембеля [4]. Интересной особенностью пространственного положения трубок является их связь с горизонтом У. Только единичные трубки прослеживаются на меньших временах - приблизительно 300 мс, что соответствует глубинам около 450 метров. Возможно они изменили форму, разбившись на более мелкие объекты, возможно свойства среды

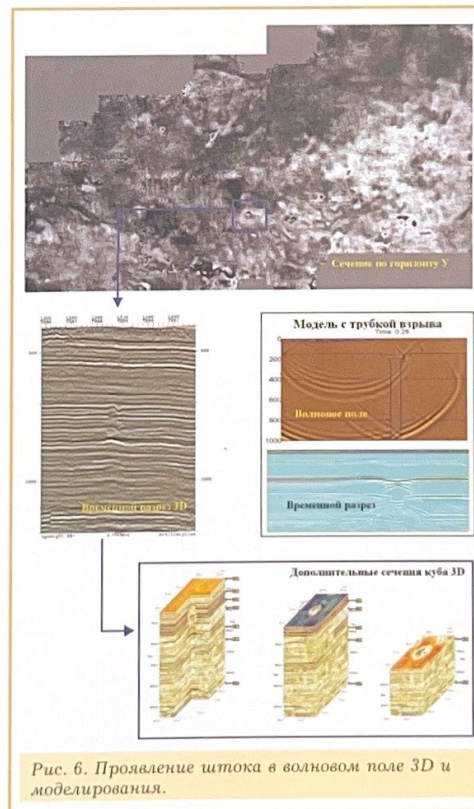


Рис. 6. Проявление штока в волновом поле 3D и моделирования.

ТЕЛЕМЕТРИЯ СЕГОДНЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

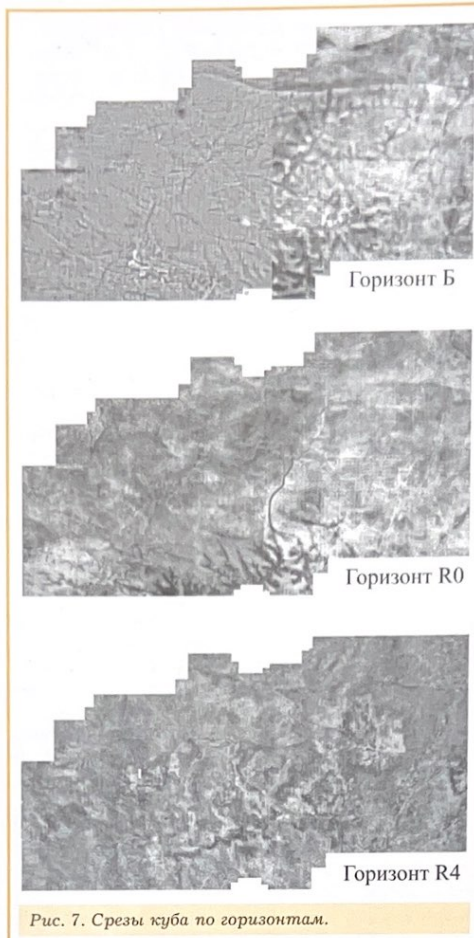


Рис. 7. Срезы куба по горизонтам.

вблизи горизонта У просто прекращают их распространение к свободной поверхности. Еще одна характерная особенность трубок: часть из них расположена хаотично, часть линейно, а часть образует концентрические иерархические структуры.

На рис. 7 представлены сечения куба амплитуд по горизонту Б в кровле венда (верхний рисунок), по эрозионной поверхности рифея (горизонт R0 - средний рисунок) и по горизонту R4, находящемуся внутри рифейской толщи.

На верхнем из них прослеживаются системы линейных элементов. Предположительно это нарушение сплошности толстого однородного слоя карбонатов, вызванное тектоническими движениями по границам блоков пород, разделенных еще в рифейское время. Это подтверждает анализ структуры поверхности горизонта R4 по вертикальным (рис. 5) и горизонтальным (нижняя часть рис. 7) срезам сейсмического куба. На них отчетливо прослеживаются аналогичные системы. Вертикальный разрез куба данных показывает, что рифейские

разломы неравнозначны. Часть из них не имеет значимого смещения по вертикали (возможно латеральные смещения), а часть имеет амплитуду смещения до 300 метров. Поскольку вид сигнала от отражающего горизонта R4 достаточно выдержан на значительных территориях, а вендские и кембрийские отложения вертикальными тектоническими движениями не затронуты, можно предположить, что рифейские отложения подверглись разломной тектонике во время образования эрозионной поверхности. Следовательно, выходящие на разных крыльях разлома породы могут отличаться по возрасту. Интересна треугольная форма блоков рифея и разный вид систем оперяющих трещин. Такая форма пород рифейского возраста проявляется не только в пределах рассматриваемого участка, но и в северной части Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазоаккумуляции.

Неоднородность эрозионной поверхности рифея хорошо видна на срезе по горизонту R0 (рис. 7). Во-первых, в центральной части площади отчетливо прослеживаются основное палеорусло и меандры его притоков, причем его направление - с севера на юг, не совпадает с направлением современной гидросети - с запада на восток. Во-вторых, вдоль южной части планшета съемки 3D распространены системы береговых врезов. На рисунке они расположены в нижней части и имеют характерный вид - протяженные прямолинейные элементы. Обломочный материал, аккумулятивный в них, может стать объектом поиска.

Таким образом, анализ сейсмического материала показывает, что на нем выделяется целая группа связанных между собой объектов, позволяющая получить новую информацию о геологическом строении исследуемой территории.

Завершая обзор полученных результатов, хочется отметить, что получить их позволил удачный выбор техники и методики при проведении всего комплекса работ от проектирования и полевых работ до обработки данных.

Литература

1. Кошук Е.П., Кошук Н.П. Анализ значимости факторов структурно-литологического контроля залежей УВ в рифейских отложениях Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазоаккумуляции по материалам бурения, сейсморазведки МОГТ и электроразведки ЗСБ. В сб. «Прямые геохимические и геофизические методы поисков месторождений нефти и газа на территории Западно-Сибирской плиты, Сибирской платформы и других нефтегазоносных бассейнов», «Красноярскприродресурсы», Красноярск, 1999.
2. Конторович А.А. Подсчет запасов нефти, газа и конденсата Юрубчено-Тохомского месторождения. Отчет по подсчету запасов УВ по состоянию на 01.07.95. «Енисейнефтегаз», Красноярск, 1995.
3. Корсунов И.В., Ильин С.Н., Ефимов А.С. Информационный отчет о геологических результатах опытно-производственных работ по методике трехмерных наблюдений в центральном блоке ЮТЗ. «Енисейгеофизика», Енисейск, 1997.
4. Бембель Р.М., Мергера В.М., Бембель С.Р. Геосолитоны: функциональная система земли, концепция разведки и разработки месторождений углеводородов. Тюмень: Издательство «Вектор Бук», 2003.

Вниманию читателей

В журнале №2(11)/2005, в статье Ю.А. Бару "Выбор основных параметров и типа линейного электродвигателя для импульсных электрохимических сейсмостимуляторов" по вине редакции на рисунках 2 и 3 поменялись местами цвета. Красный цвет - электродинамический ЛИЭД, зеленый - электромагнитный.

Редакция журнала приносит свои извинения автору статьи.

Развитие технологии вибросейсмических исследований 3D в условиях рисовых чеков Кубани

Кострыгин Ю.П., ООО "Институт геолого-экологических технологий и исследований", г. Краснодар

Вибросейсмические исследования 3D на Кубани проводятся ежегодно в течение последних 9 лет. При этом основные объемы сейморазведочных работ 3D выполняются на площадях Славянского и Темрюкского районов, на участках, расположенных в пределах рисовых чеков. В первые годы постановку таких работ с полным основанием можно было рассматривать как значительный шаг в повышении геологической эффективности сейсмического метода. Однако за последнее десятилетие полевая технология сейсмических исследований в основных нефтегазодобывающих регионах России вышла на качественно новый уровень, в то время как при проведении сейморазведочных работ 3D на Кубани сформировались определенные штампы, которые в значительной степени не соответствовали современному уровню развития сейсмической разведки.

Учитывая сложившуюся ситуацию, руководство ОАО «Краснодарнефтегаз» предложило, начиная с 2004г, в соответствии с современными требованиями кардинально изменить технологию вибросейсмических исследований 3D при проведении работ на Кубани.

Один из основных недостатков ранее использованной технологии 3D при проведении сейморазведочных работ на Кубани заключался в применении относительно малоканальных телеметрических сейсмостанций (менее 400 активных каналов), оснащенных одним коммутационным модулем. При использовании таких сейсмостанций расстановка сейсμοприемников в условиях рисовых чеков состояла всего из одной ломаной линии, совмещенной с дамбами. Это позволяло конструировать лишь в значительной степени нерегулярные системы наблюдения 3D, которые отличаются, как известно, весьма неравномерной плотностью средних точек по площади исследований и экономически мало эффективны, т.к. требуют для своей реализации чрезмерно большого объема физических наблюдений.

Так, на рис. 1а приведена проектная карта кратности перекрытий, рассчитанная для нерегулярной системы наблюдений 3D, состоящей из 8 независимых расстановок сейсμοприемников. Система наблюдений была спроектирована для одной из площадей, расположенных в пределах рисовых чеков. В данном случае количество активных каналов сейсмостанции равнялось 395,

расстояние между ПВ 100 м и между ПП 50 м. При вычислении поля кратности бин вдоль границы принимался равным 50м×50м, а максимальное удаление ПВ-ПП 1400 м. Ограничение интервала ПВ-ПП расстоянием 1400 м для целевых границ в отложениях понта, расположенных в пределах исследуемой площади на глубине ~1200м, является достаточно мягким.

Из рис. 1а можно видеть, что при размере бина 50м×50м предложенная исполнителем нерегулярная система наблюдений 3D обеспечивала для ~40% изучаемой площади кратность перекрытий, не превышающую 1-5. При этом для значительной части площади средние точки вообще отсутствовали. Ранее, при использовании старой технологии, участки с нулевой кратностью преимущественно закрывались так называемым «гибким бинированием», т.е. за счет увеличения размеров бина на локальных участках до 100-200м. Обсуждая вопрос о правомерности подобного бинирования, можно согласиться с тем, что необходимые размеры бина зависят от горизонтальной разрешающей способности сейсмической разведки, т.е. фактически от радиуса первой зоны Френеля, который в обычных условиях составляет относительно большую величину. Однако после выполнения в процессе обработки процедуры миграции пространственная разрешающая способность сейсмического метода существенно повышается и может достигать от половины до четверти длины волны. Именно с учетом этого обстоятельства обычно и определяются параметры бина [1]. При $f_{max}=90$ Гц и средней скорости упругих колебаний равной, например, 3000 м/с, максимально допустимое значение бина для угла падения границы $\alpha=10^\circ$ равно 48 м, а для $\alpha=15^\circ$ равно 32 м. То есть повышение минимальной кратности перекрытий в условиях рисовых чеков должно осуществляться не за счет значительного увеличения размеров бина, а, прежде всего, за счет использования более регулярных систем наблюдения.

Вместе с тем для рисовых чеков линии приема и линии возбуждения могут быть совмещены лишь с дамбами, которые в общем случае не представляют собой регулярную систему. Поэтому в конкретных условиях речь может идти лишь о так называемых квазирегулярных системах.

Так, на рис. 1 б,в приведены карты кратности перекрытий для квазирегулярных систем

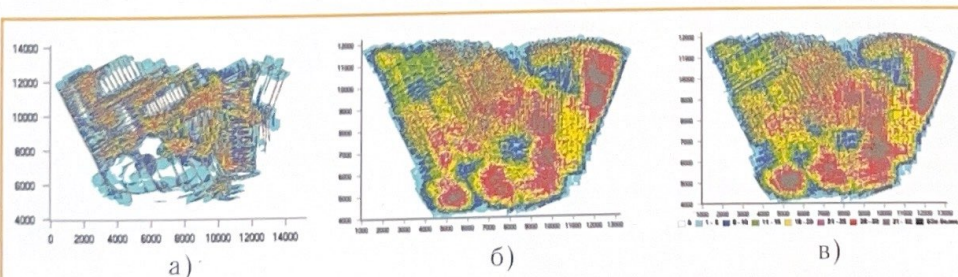
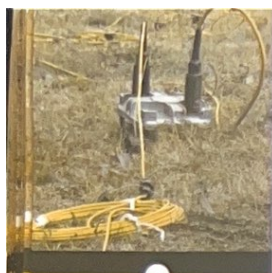


Рис. 1. Карта кратности перекрытий

(использована программа проектирования, составленная В.А. Невинным)

а - проектная нерегулярная система наблюдений; б - квазирегулярная система, в каждой полосе по 4 ЛП; в - квазирегулярная система, в каждой полосе по 8 ЛП.



наблюдения 3D, спроектированных для указанной выше площади. Здесь были использованы субширотные ломаные линии приема, совмещенные с дамбами. Расстояния между линиями приема равнялись 250-700 м. Линии возбуждения располагались приблизительно ортогонально линиям приема и также были совмещены с дамбами.

В первом случае каждая полоса включала по 4 линии приема (рис. 1б), во втором по 8 линий приема (рис. 1в). Размер бина при вычислении кратности принимался равным 50м×50м, максимальное удаление ПВ-ПП 1400 м. На основании сравнительного анализа представленных рисунков очевидно, что если для спроектированной нерегулярной системы для отражений, соответствующих отложениям понта формируются достаточно обширные участки с нулевой кратностью перекрытий, то для квазирегулярных систем минимальные значения кратности превышали 5-10. Очевиден также значительный экономический выигрыш от применения квазирегулярных систем. Так, если для нерегулярной системы объем физических наблюдений при площади исследований 60 кв. км составил в данном случае 4932 ф.н., то для квазирегулярных систем, включающих полосы с 4 и 8 линиями приема, объем наблюдений уменьшился соответственно до 3280 ф.н. и 1728 ф.н. С учетом рассмотренных обстоятельств при построении новой современной технологии 3D в условиях чеков Кубани использовались исключительно квазирегулярные системы.

Интересными представляются результаты сопоставления и других элементов технологии сейсмических исследований 3D при проведении работ в пределах рисовых чеков Кубани в 2004 г. и в предыдущие годы, а также результаты сравнительного анализа качества полученных при этом сейсмических материалов.

В 2004 г. на площадях, расположенных на рисовых чеках, впервые при наблюдениях 3D в условиях Краснодарского края была использована современная многоканальная телеметрическая система SERSEL-388, оснащенная 4 коммутационными модулями и позволяющая формировать квазирегулярные системы наблюдения, включающие полосы с 4 линиями приема. При проведении же работ в предыдущие годы применялась телеметрическая сейсмостанция с числом активных каналов 395, оснащенная одним коммутационным модулем, т.е. расстановка сейсмоприемников в условиях чеков состояла всего из одной ломаной линии.

В отличие от ранее использованной сейсмостанции система SERSEL-388 оснащена редактором шума типа «zeroing», эффективно подавляющим интенсивные транспортные помехи. В 2004 г. при регистрации колебаний редактор был постоянно включен, и это обеспечило дополнительную возможность ослабления части некогерентных помех, связанных с проведением сельскохозяйственных работ.

Впервые на Кубани в 2004 г. при проведении работ в пределах рисовых чеков были использованы наиболее мощные современные виброрейс-мические излучатели СВ27/150К с номинальным динамическим усилием на грунт, равным 270 кН, разработанные ЗАО «ГЕОСВИП». Это позволило существенно повысить помехоустойчивость виброрейс-мического метода и заметно уменьшить влияние микросейсмических колебаний. В предыдущие годы в конкретных условиях применялись вибраторы СВ-10/180 с номинальным усилием 100 кН.

Одна из основных причин, способствовавших снижению общей эффективности виброрейс-

мического метода при проведении сейсмических исследований 3D на участках рисовых чеков до 2004 г., заключалась также в том, что использовавшийся виброрейс-мический комплекс не был укомплектован современной системой управления. Отсутствие такой системы неизбежно приводило к ухудшению динамических характеристик излучателей. Так, если для вибраторов СВ27/150К, укомплектованных системой управления PEETOX и использованных в 2004г., неравномерность силовых амплитудно-частотных характеристик в полосе частот 10-90 Гц не превышала 3 дБ, то в прошлые полевые сезоны аналогичный параметр равнялся 16-20 дБ.

Отрицательное влияние на качество получаемых виброрейс-мических записей до 2004г. оказывали также нелинейные искажения сигнала, возникающие в системе вибратор-грунт. В низкочастотной части развертки коэффициенты нелинейных искажений при проведении работ превышали 100%, что приводило к росту уровня корреляционного фона, т.е. к дополнительному уменьшению отношения сигнал/помеха.

Использование в 2004 г. современной системы управления виброрейс-мическими излучателями позволило не только улучшить динамические характеристики возбуждаемых колебаний, но и существенно расширило методические возможности исполнителей. И здесь в первую очередь следует отметить появившуюся возможность формирования широкого класса нелинейных и комбинированных разверток.

На основании выполненных опытно-методических исследований при проведении наблюдений 3D в 2004 г. было принято решение использовать комбинированный виброрейс-мический сигнал, состоящий из трех сегментов длительностью $T = 16$ с с частотными диапазонами $\Delta F_1 = 8-90$ Гц, $\Delta F_2 = 34-90$ Гц, $\Delta F_3 = 43-90$ Гц [2]. Ранее возбуждение колебаний осуществлялось с применением относительно узкополосных ЛЧМ-разверток с частотным диапазоном $\Delta F = 10-60$ Гц. Указанные изменения в методике проведения работ дополни-

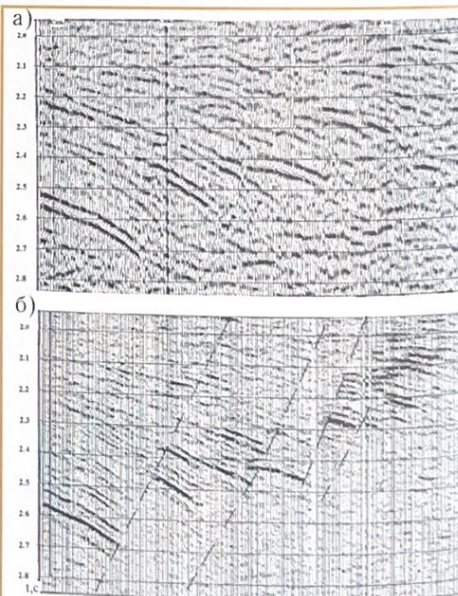


Рис. 1. Временные разрезы, соответствующие одноименным сечениям куба 3D, а) - полученного по материалам работ, проведенных до 2004 г. и б) - куба 3D, полученного на основании исследований, проведенных в 2004 г.

тельно способствовали улучшению динамики формируемых колебаний, повышению отношения сигнал/помеха в области высоких частот и в целом способствовали повышению эффективности сейсмических исследований 3D.

На основании изложенного очевидно, что в 2004г. при сейсмических исследованиях 3D в пределах рисовых чеков Кубани были весьма существенно изменены все основные элементы полевой технологии проведения работ. Поэтому чрезвычайно интересным представляется сравнительный анализ качества результирующих сейсмических материалов, полученных в условиях рисовых чеков в 2004 г. и в предыдущие годы, а также сравнительная оценка геологической эффективности сейсморазведочных работ, проведенных с использованием старой и новой технологии.

С этой целью на рис. 2 сопоставлены временные разрезы, соответствующие одноименным сечениям куба 3D, полученного по материалам работ, проведенных до 2004 г. (а) и куба 3D, полученного на основании исследований, проведенных в 2004 г. (б). В данном случае при сопоставлении разрезов наибольший интерес представлял вопрос о достоверности картирования разломов в караган-чокракских отложениях ($t_0=2-2,7$ с). Из рис. 2 видно, что использование в 2004 г. современной технологии 3D позволило зарегистрировать в условиях конкретной площади динамически выраженные хорошо разрешенные целевые отражения с эффективной полосой амплитудного спектра 10-83 Гц. В отличие от материалов 2004 г. ранее полученные материалы отличались значительно более узкополосным спектром (рис.3), пониженными значениями отношения сигнал/помеха и худшими динамическими характеристиками сейсмической записи. В конечном счете, указанные обстоятельства существенно снижали достоверность картирования разломов, т.е. не позволяли в полной мере решить геологические задачи, поставленные перед исполнителем.

Таким образом, переход в 2004 г. на использование современных технологий, аппаратуры и оборудования в условиях рисовых чеков Кубани, явился весьма значимым прецедентом, показав-

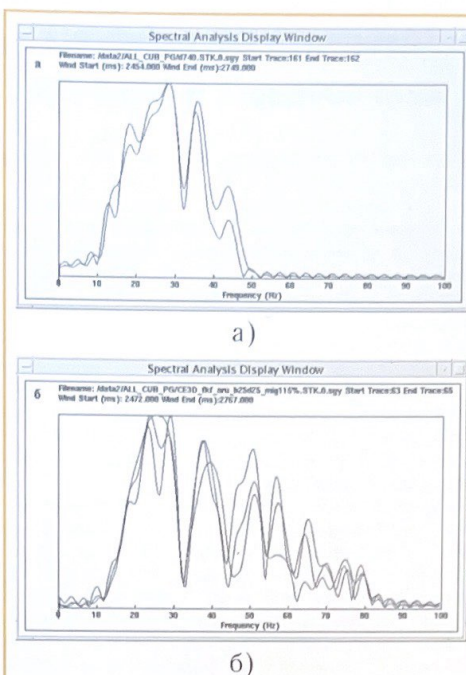


Рис. 1. Амплитудные спектры сейсмических записей, соответствующих одноименным сечениям куба 3D, а) - полученного по материалам работ, проведенных до 2004 г. и б) - куба 3D, полученного на основании исследований, проведенных в 2004 г.

шим на практике существенные возможности повышения эффективности вибросейсмических исследований 3D на территории Краснодарского края.

Литература

1. Бондарев В.И. Основы сейсморазведки: 2000. Учебник для вузов. Часть 1. - Екатеринбург: Изд-во УГГА. 252 с.
2. Кострыгин Ю.П., Барулин Д.А. О целесообразности применения комбинированных сигналов в современной вибросейсморазведке. Приборы и системы разведочной геофизики, №03 (09)/2004, с. 36-38.

ПОДПИШИСЬ

Персональная информация о подписчике/Почтовый адрес организации

ФАМИЛИЯ		ИМЯ		ОТЧЕСТВО	
ПОЛНОЕ НАИМЕНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ					
ОТДЕЛ/ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ				ДОЛЖНОСТЬ	
ИНДЕКС	СТРАНА	ГОРОД	ОБЛАСТЬ/РАЙОН		
АДРЕС					
КОД ГОРОДА	ТЕЛЕФОН	ФАКС	E-MAIL		

Россия, 410019, г. Саратов, ул. Крайняя 129, СО "ЕАГО" - в редакцию "Приборы и системы разведочной геофизики"

Стоимость годовой подписки (с почтовой пересылкой и НДС - 10%)

Наименование издания	1 комплект	2 комплекта	3 комплекта	4 комплекта
Журнал "Приборы и системы разведочной геофизики"	1760 руб.	3520 руб.	5280 руб.	7040 руб.



Особенности регистрации сейсмического волнового поля в мелководных и переходных зонах

Запорожец Б.В., Лисунов О.В., "СИ Технолоджи", г. Геленджик

Проведение сейсморазведочных работ в переходных и в мелководных зонах характеризуется различными сложностями и особенностями, такими как песчаные и илистые бары, осушки, резкие непредсказуемые ветры и течения, сгонно-нагонные явления, изменения глубин. Технология и набор технических средств обработки профилей в мелководных зонах акваторий и в переходных зонах требует разработки специального проекта работ для каждого конкретного участка с рассмотрением многих альтернативных вариантов решения геологической задачи.

Кроме технологических сложностей проведения сейсморазведочных работ в рассматриваемых зонах существует еще ограничение в выборе типа датчиков приемной системы. В России и сопредельных странах СНГ сейсморазведочные исследования в рассматриваемых зонах проводились до настоящего времени в незначительных объемах. В тех сейсморазведочных исследованиях, которые имели место, использовалась аппаратура, предназначенная в основном для работ на суше с незначительными изменениями, связанными с технологическими особенностями работ в мелководных и переходных зонах. В качестве сейсмических датчиков применялись или стандартные геофоны в специализированных болотных корпусах на предельно малых глубинах акватории или гидрофоны на глубинах от двух и более метров. На различных участках профиля в зависимости от глубины акватории устанавливались или геофоны или гидрофоны. Несмотря на то, что такой способ регистрации волнового поля позволяет произвести сейсмическую съемку по всей длине профиля, все же волновое поле регистрируется со значительными искажениями.

Причина кроется в важной особенности работ на мелководье и в переходных зонах - в зависимости чувствительности датчиков приема сейсмических колебаний от глубины их погружения под водой. При увеличении заглубления от поверхности до четверти длины волны чувствительность геофона уменьшается, а чувствительность гидрофона увеличивается. При дальнейшем увеличении заглубления датчиков в спектре принимаемого сигнала будут проявляться провалы (нули) на частотах, для которых заглубление будет кратно четному (гидрофон) или нечетному (геофон) числу.

Очевидно, что использование только одного типа датчиков в условиях мелководья существенно снижает общее качество регистрируемого материала.

Простая замена типа датчиков на разных по условиям наблюдения участках профиля не освобождает от необходимости стыковать полученные полевые данные и преодолевать сложности, связанные с изменением спектральных характеристик принимаемых сигналов.

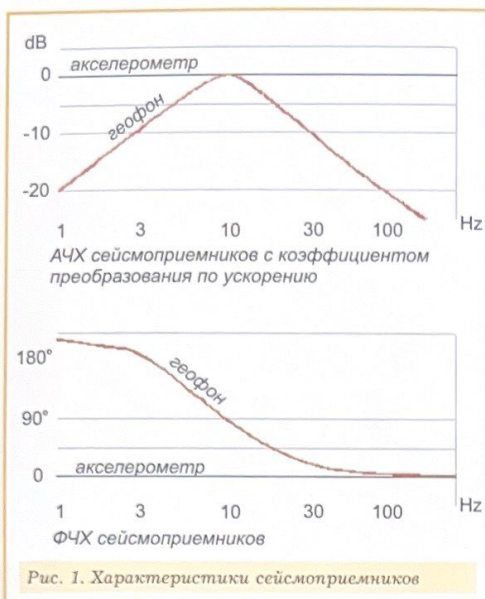
Для устранения изменений спектральных характеристик (особенно положения "нулей", обусловленных отражением границы "вода-воздух") и для регистрации геофизической информации заданного качества необходимо использовать комбинированное приемное устройство, в котором в каждой точке приема имеются

два типа датчиков (гидрофон + геофон) с их одновременной регистрацией.

Комбинируя сигналы геофонов и гидрофонов, можно получить результирующий сигнал, свободный от влияния границы "вода-воздух". Обработка и комбинирование сигналов осуществляется в частотной области. Удвоение числа сейсмических каналов (по сравнению с приемными системами, состоящими из одного типа датчиков), обосновывается единообразием (независимо от глубины) приемных средств, постоянным получением информации, необходимой для сопряжения геологических данных различных участков, повышением разрешающей способности и достоверности результатов съемки.

Однако если рассматривать этот вопрос в практической области, обязательное условие совместной обработки геофона и гидрофона в каждой точке приема, ограничивается тем обстоятельством, что фазо-частотные характеристики датчика скорости (геофон) и датчика дифференциального давления (гидрофон) различны. Простое суммирование данных от двух типов датчиков во временной области невозможно и для суммирования сигналов необходимо переходить в частотную область. Таким образом, получение результирующего сейсмического сигнала свободного от частотных провалов на различных глубинах размещения датчиков от поверхности акватории ограничивается указанными особенностями обработки. На практике, как правило, данные от геофонов и гидрофонов обрабатывают и визуализируют отдельно. Самостоятельная обработка по гидрофонам и геофонам дает геофизикам дополнительную информацию, но по существу задача повышения информативности обработанного материала не решается.

Для решения задачи повышения информативности сейсмических исследований в мелководных зонах акваторий наиболее целесообразным представляется использовать в комбинированном датчике вместо датчика скорости (геофон) датчик ускорения (акселерометр). Зависимость чувствительности акселерометра от глубины погружения под поверхность акватории тождественна аналогичной чувствительности геофона, так как акселерометр и геофон имеют одинаковый тип механической колебательной системы, настроенной на измерение разных параметров движения - ускорения или скорости смещения. Вместе с тем фазо-частотные характеристики акселерометра (в отличие от геофона) совпадают с характеристиками гидрофона, и совместная обработка данных становится легко реализуемой на практике путем суммирования во временной области. Совместную обработку комбинированного датчика (акселерометр-гидрофон) можно выполнять как на этапе регистрации в поле, так и на этапе обработки. Сейсмический материал от такого комбинированного датчика будет иметь полноценную частотно-фазовую характеристику без провалов, присущих каждому из датчиков по отдельности. Помимо возможности суммирования данных во временной области акселерометр в большей степени подходит для регистрации сейсмического волнового поля и по другим критериям (сравнительные ампли-

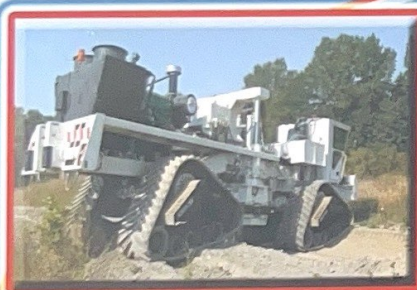
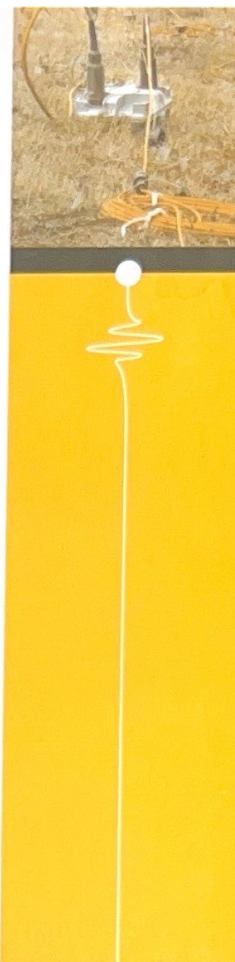


тудно-частотные и фазо-частотные характеристики акселерометра и геофона приведены на рис.1).

Работы в переходных зонах отличаются высокими затратами как по времени выполнения, так и по стоимости работ. В связи с этим представляется разумным переход на регистрацию полного волнового поля, с использованием четырехкомпонентных каналов в приемных устройствах для достижения максимальной информативности геофизического материала. Учитывая рассмотренные особенности

регистрации сейсмического волнового поля в условиях мелководья в качестве датчиков X, Y и Z компонент целесообразно использовать акселерометры, а в качестве четвертой компоненты R гидрофон. Стоимость работ при регистрации полного волнового поля существенно не увеличится по сравнению с однокомпонентной регистрацией комбинированными датчиками, но полученные данные дадут геологам максимум информации об исследуемой площади, особенно при проведении трехмерной сейсмической разведки.

Использование акселерометров сдерживалось до последнего времени высокой стоимостью тех датчиков, которые по плотности шума и по чувствительности подходили бы для сейсмических исследований. В настоящее время, благодаря появлению на рынке датчиков, сконструированных на основе микроэлектромашинной технологии (MEMS технология), в том числе и акселерометров, создание четырехкомпонентных точек приема сейсмического волнового поля представляется особенно оправданным и перспективным. Регистрация полного волнового поля на дне акватории с помощью гидрофона и трехкомпонентного MEMS-акселерометра дает возможность пересмотреть проблему слабой изученности мелководных зон акваторий, в том числе и на шельфе России. С появлением таких современных систем как XZone Marsh Line-4C и VectorSeis Ocean малоизученные районы мелководных и переходных зон будут более доступны сервисным компаниям по технологическим критериям, а нефтегазовым компаниям или другим Заказчикам работ по стоимостным критериям.



Компания "ГЕОСЕЙС"



**Предлагает геофизическим компаниям
оборудование в аренду
сейсмостанции: SN 388, 408 UL и другие
источники возбуждения: ГЕОТОН, NOMAD 65, СВС 30**



Тел./факс: (095) 202-32-17, 202-32-27
e-mail: geoton@geoton.ru,
geoseis@col.ru
<http://www.geoton.ru/>



Вы получите информацию о полном волновом поле
при использовании системы VectorSeis System Four.®

Регистрирующие системы VectorSeis обеспечивают высочайшую точность сейсмических исследований, улучшают качество данных на продольных волнах и при многоволновой сейморазведке, поднимают на максимально возможный уровень достоверность получаемых результатов.

Цифровая регистрация полного волнового поля позволила по-новому взглянуть на процесс разведки и добычи полезных ископаемых. Точная локализация и описание объектов бурения, оптимизация процесса добычи и повышения эффективности разработки месторождений.

Новые технологии, предлагаемые I/O, представляют возможность исследований месторождений самого сложного строения.



Giving seismic a whole new image



VectorSeis®

INPUT/OUTPUT 12300 Parc Crest Drive Stafford, Texas 77477 USA +1 281 933 3339 www.i-o.com

Регулирование допуска на рынок геофизических услуг технологий, а также прострелочной и взрывной аппаратуры по критериям безопасности

Гаврилов Н.И., "Ростехнадзор"; Гайворонский И.Н., Шахназаров Г.Г., ОАО "ВНИПИ взрывгеофизика", г. Москва

Все этапы прострелочных и взрывных работ в скважинах (ПВР) относят к категории опасных производственных объектов, т.к. согласно [1] при их выполнении используют, образуют, хранят, транспортируют и уничтожают взрывчатые вещества. Применение энергии взрыва при выполнении ПВР осуществляют с целью вторичного вскрытия пласта в колонне, интенсификации притока, ликвидации аварий, разобщения пластов, а также изоляционных и ремонтных работ.

Оценку по критериям безопасности геофизических услуг выполняют в процессе экспертизы промышленной безопасности (включающей проектную документацию, технические устройства, здания и сооружения на опасном производственном объекте), делегированной ОАО «ВНИПИ взрывгеофизика» Федеральным горным и промышленным надзором России (Лицензия № 00-ДЭ-000869 (В) от 11 марта 2003 г.). Методическими основами проведения экспертизы являются ГОСТ 12.3.002-75 [2]; ГОСТ Р 15.109-93 [3]. Организационно-правовые вопросы экспертизы на безопасность и допуск к применению регламентированы: ПБ 03-246-98 [4]; РД 13-537-03 [5].

Производственный процесс прострелочных и взрывных работ в скважинах включает ряд требований безопасности.

1. К технологическому процессу, который должен предусматривать:

1.1. Выбор методики и технологии работ, при которых опасные или вредные производственные факторы отсутствуют или обладают меньшей интенсивностью. Например, там, где это возможно, необходимо применять способ спуска прострелочной и взрывной аппаратуры (ПВА) на трубах, а не на кабеле. При спуске в скважину прострелочного или взрывного аппарата на кабеле и соответственно применения электрического способа взрывания необходима защищенная система электровзрывания, включающая патрон ПВПД-Н (или ПГН), прибор взрывной и прибор контроля, которая исключает попадание в электровзрывную сеть блуждающих токов. Защищенная система допущена к применению Госгортехнадзором России.

При разработке вопросов организации работ должна быть предусмотрена механизация ручного труда; например, при снаряжении и переносе длинномерных и тяжелых скважинных аппаратов, погрузке и выгрузке ВМ с транспортного средства.

1.2. Устранение возможных негативных последствий непосредственного контакта работающих с взрывчатыми материалами при сборке, монтаже, снаряжении аппарата. К применению на прострелочных и взрывных работах (ПВР) допускают только те взрывчатые материалы (ВМ), на которые имеются стандарты (технические условия), а также разрешения на применение Федеральной службы по технологическому надзору (Ростехнадзор); при этом потребитель изделия, содержащего ВМ, должен иметь «Руководство по эксплуатации» и «Паспорт», а на вещества - «Паспорт безопасности вещества» (материала) ГОСТ Р 12.1.052-97 [6]. Извлеченные из отказавших ПВА или оставшиеся при неполном взрыве заряды к повторному применению не допускают, кроме зарядов ВВ, извлеченных из корпусных, не потерявших герметичность аппаратов, а также негерметичных фугасных торпед при отказе средств инициирования. Кроме того, при повторном использовании

необходимо учитывать ресурс по температуре предыдущего нахождения в скважине. Запрещается разборка ВМ, снаряженных в организациях-изготовителях.

Конструкция и качество изготовления аппарата должны исключать операции доработки и подгонки ВМ при сборке, монтаже и снаряжении аппарата.

1.3. Применение средств коллективной защиты работающих. При использовании электрического способа взрывания аппарата в скважине должны выполняться меры по защите электровзрывной сети от блуждающих токов. В особых случаях, при невозможности их выполнения, работы со средствами инициирования и по монтажу электровзрывной сети необходимо вести при соблюдении специальных мер, разрабатываемых геофизическими организациями и отражаемых в проектах работ [7].

Мойка и чистка ПВА при повторном использовании должны выполняться с применением средств защиты. Изделия из взрывчатых веществ (ВВ), не содержащие оболочку (корпус), должны иметь защитное (лаковое) покрытие.

Необходимо применять средства инициирования, нечувствительные к бытовым, переносным источникам тока; допустимо применение блокировок электровзрывной сети от блуждающих токов.

1.4. Своевременное и непрерывное получение информации о спуске и опасности прихвата или заклинивании ПВА в скважине обеспечивает компоновка перфоратора или кабельного наконечника локатором трубных муфт (ЛТМ), стойким к воздействию взрывных нагрузок. Информацию получают по изменению сигнала от ЛТМ при прохождении перфоратора мимо муфт обсадной колонны или насосно-компрессорных труб (НКТ). Дополнительный контроль спуска осуществляется динамометром натяжения кабеля.

1.5. Систему контроля и управления технологическим процессом, которая включает:

- определение факта срабатывания при спуске перфоратора на кабеле, который фиксируют по разрыву электровзрывной сети, и магнитным наводкам на кабель, а также закрепленным на устье скважины акустическим индикатором (контроль факта срабатывания перфоратора по звуковому эффекту и рывку кабеля возможен для ленточных, каркасных и разрушающихся перфораторов, а также корпусных перфораторов на небольшой глубине);

- определение факта срабатывания перфоратора при спуске на НКТ, как обязательная операция, которая регистрируется акустическим индикатором, закрепленным на устье скважины;

- определение фактического положения вскрытого интервала, которое определяют измерениями магнитным локатором муфт.

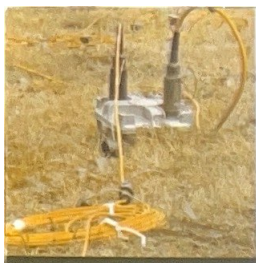
1.6. Своевременное обнаружение и ликвидация отказов. Во всех случаях, когда заряды ВВ не могут быть взорваны по причине технического характера, их рассматривают как отказы. После подъема ПВА на поверхность следует установить причину не срабатывания и, по возможности, устранить ее:

- при спуске ПВА на кабеле отсоединить ПВА от кабеля, проверить исправность всей внешней электровзрывной сети, при обнаружении неисправностей устранить и приступить к повторному спуску в скважину;

- при спуске ПВА на трубах, отвинтить от корпу-



БЕЗОПАСНОСТЬ



са узлы, включающие ударный механизм и устройство инициирования, установить причину неисправности ударного механизма, устранить ее и приступить к повторному спуску аппарата.

До ликвидации отказа такие заряды должны храниться. Когда работы по ликвидации отказа не могут быть закончены в данной смене, разрешается поручать их продолжение взрывнику очередной смены с соответствующим инструктажем и отметкой в наряд-путевке. При оставлении в скважине ВМ должен быть немедленно информирован территориальный орган Ростехнадзора.

Поднятые из скважины ПВА, не подлежащие разборке вследствие деформации корпуса, должны уничтожаться на месте производства ПВР с соблюдением мер безопасности, предусмотренных эксплуатационной документацией. Порядок уничтожения ВМ на месте работ должен быть согласован с территориальным органом Ростехнадзора.

Требования безопасности излагают в проекте работ, который составляют на основе типового проекта как Методического документа. Проект работ должен содержать сведения: о географическом положении места работ, о наличии вышки и подъемного оборудования на скважине, об обустройстве площадки вокруг скважины, сведения о конструкции и профиле скважины, о промывочных жидкостях и термобарических условиях, сведения о пластах и о наличии и положении межфлюидальных контактов.

Кроме того, в проекте излагают сведения о применяемом оборудовании для перевозки, снаряжения и хранения ВМ на местах работ, сведения о геофизическом сопровождении ПВР, характеристиках устройств, блокирующих электровзрывную сеть, и защищенных систем электровзрывания.

Наряду с этим, в проекте работ излагают общие вопросы технологии ПВР, которые содержат: привязки интервала перфорации (воздействия ПВА) к геологическому разрезу, вопросы охраны опасной зоны и ВМ, действия при отказе или прихвате ПВА, технологию работ по уничтожению ПВА, отказавших на скважине. В проекте излагают также вопросы организации работ. Вопросы технологии работ, относящиеся к применению конкретного оборудования (приборов, устройств) излагают в «Руководстве по эксплуатации» [8].

2. Требования к местам хранения ВМ и подготовке ПВА. В геофизических организациях, выполняющих взрывные работы, должны быть предусмотрены помещения для хранения ВМ, а также для подготовки ПВА (зарядная мастерская - ЗМ).

Хранение ВМ, применяемых на ПВР, осуществляется на складах ВМ, которые должны сооружаться по проекту, утвержденному в установленном порядке и эксплуатироваться в соответствии с требованиями правил [9]. В организациях должны быть обеспечены условия для испытаний и уничтожения ВМ; в этих целях по проектам необходимо оборудовать полигоны и лаборатории, оснащенные соответствующими приборами и оборудованием и размещаемые за запретной зоной, а пределах опасной зоны. Сохранность ВМ строго регламентирована «Инструкцией о порядке хранения, транспортирования, использования и учета взрывчатых материалов», а также «Инструкцией о порядке охраны складов ВМ» [10].

Кроме того, в качестве расходного склада ВМ могут быть использованы отдельные помещения (кладовые) постоянных или временных зарядных мастерских, построенных по проектам, согласованным с Ростехнадзором.

Доставленные на объект работ (скважину) ВМ могут храниться в течение всего цикла ПВР, предусмотренного проектом, в количестве, не превышающем необходимого для выполнения всего комплекса ПВР. В качестве хранилища в этом

случае допускается использовать:

- приспособленные стационарные или передвижные помещения (балки, фургоны, будки, каюты и т.п.);

- салоны специальных машин (ЛПС) для ПВР.

Допускается временное хранение ВМ на морских буровых установках на время проведения ПВР в переносных контейнерах, установленных на площадке, имеющей приспособление для аварийного сбрасывания в море. Контейнер должен быть защищен от солнечных лучей и атмосферных осадков. Место нахождения ВМ должно быть ограждено и должен быть вывешен знак опасности.

Постоянная зарядная мастерская должна сооружаться по проекту, согласованному с территориальным органом Ростехнадзора; иметь отдельные боксы для разборки, мойки и сушки ПВА, сборки и снаряжения их, а также кладовые для хранения ВМ. Необходимо предусмотреть изолированный бокс для разрядки отказавших ПВА. Окна должны располагаться не ниже 1,7 м от пола и иметь форточки, пол, покрытый линолеумом или резиновыми коврами, осветительная арматура во взрывобезопасном исполнении. Отопление - водяным или печным с топками, устроенными снаружи, обогревающие поверхности должны быть оштукатурены и побелены.

Здание зарядной мастерской должно удовлетворять требованиям пожарной безопасности: рядом с мастерской должен быть стел для отстрела (при необходимости) собранных перфораторов, представляющий собой шурф глубиной до двух метров, футерованный обсадной трубой и снабженный грузоподъемным приспособлением.

3. Требования к производственным площадкам. Для снаряжения ПВА, установки геофизического оборудования, хранения ВМ на скважине должны быть подготовлены площадки с подъездными путями к ним:

- площадка для установки лаборатории перфораторной станции (ЛПС), используемой для снаряжения ПВА;
- площадка для установки каротажного подъемника;
- площадка для хранения ВМ;
- площадка для установки каротажной лаборатории.

В темное время суток площадки должны освещаться; к ним должны быть предусмотрены проходы, при необходимости - подъезды для транспортного средства. Размещение производственного оборудования должно быть оптимальным, обеспечивающим эффективное и безопасное выполнение работ. На время проведения ПВР площадки с установленным оборудованием, попадающие в опасную зону, должны обозначаться флажками.

4. Требование к производственному оборудованию. Для выполнения ПВР используется технологическое оборудование, размещенное на автомобиле - ЛПС; в сочетании с геофизическим подъемником - это перфораторная станция. ЛПС должна обеспечивать безопасное выполнение следующих функций:

- доставки персонала к месту работ, а также их отдыха в технологических перерывах;
- доставки снаряженных аппаратов (без установленных средств задействования), а также ВМ;
- подготовки (снаряжения) ПВА, включая мойку, чистку, перезарядку;
- хранение ВМ.

Лаборатория должна размещаться в прочном, утепленном металлическом кузове, внутренней высотой не менее 1,8 м; кузов должен быть разделен перегородкой на два отсека - передний, шириной не менее 1,2 м, служит для размещения приборов, устройств, оборудования, обеспечивающих взрывные работы; в нем размещается рабочее место оператора. На полу, в переднем отсеке, правом углу

кузова, закреплен ящик для перевозки и хранения изделий группы совместимости «В» (средств инициирования взрыва). Корпус ящика металлический (толщина стенки 3 мм) имеет дверцу, снабженную врезным, контрольным замком; изнутри обит деревом, имеющим огнестойкую пропитку. В ящике размещен пенал с ячейками, обеспечивающими рассредоточенное хранение детонаторов. Второй отсек технологический, в нем размещены: стол-верстак с защитным приспособлением для монтажа ПВА, под столом могут закрепляться снаряженные перфораторы. Вдоль стен кузова на полу установлены ящики с крышками для перевозки зарядов ВВ, в том числе и в упаковке изготовителя. Кроме того, во втором отсеке размещены шкафы, стеллажи и тумбочка для хранения инструмента, принадлежностей и рабочей одежды. На полу кузова имеются устройства для закрепления перевозимых ящиков. Двери в каждый отсек снабжены выдвижной лестницей с поручнем и имеют врезной номерной и контрольный замок. Салон должен иметь достаточное освещение и отопление, обеспечивающее теплом и на стоянке. Автомобиль, на базе которого оборудована ЛПС, должен удовлетворять требованиям правил [11, 12]. Конструкция ВМ в нем обеспечивает безопасную совместную перевозку (одним рейсом):

- изделия группы совместимости «В» (до 0,1 кг)
- изделия группы совместимости «D» или «С» (до 200 кг массой нетто по ВВ).

5. Требования к хранению и транспортированию ВМ.

ВМ, применяемые на взрывных работах в скважинах, относятся к различным группам совместимости:

- «В» - изделия, содержащие инициирующие ВВ;
- «С» - метательные и другие дефлагирующие ВВ;
- «D» - вторичные детонирующие ВВ;
- «G» - пиротехнические вещества и изделия;
- «S» - изделия, упакованные или сконструированные так, что при случайном срабатывании любое опасное проявление ограничено самой упаковкой.

Для выполнения ПВР изделия ВМ, относящиеся к разным группам совместимости могут доставляться совместно. Такая перевозка изделий в вышеуказанных соотношениях по массе ВВ возможна при выполнении требований «ДОПОГ» [12], т.к. «ДОПОГ» допускает совместную перевозку в одном транспортном средстве изделий групп совместимости «С» + «D» + «E» + «G» + «S». Упаковки, содержащие изделия группы совместимости «В» и вещества и изделия группы совместимости «D», могут грузиться совместно в одно и тоже транспортное средство только при условии, что они перевозятся в отдельных контейнерах - отделениях и отсутствует опасность передачи детонации от изделий группы совместимости «В» к веществам или изделиям группы совместимости «D».

Хранение ВМ, применяемых на ПВР, должно соответствовать требованиям правил [9].

В соответствии с [9] все ВМ должны подвергаться испытаниям в целях определения пригодности для хранения и применения:

- при поступлении на склад ВМ (входной контроль);
- при сомнении в доброкачественности;
- перед истечением гарантийного срока.

Методика и критерии оценки результатов этих испытаний изложены в Руководстве по эксплуатации для каждого наименования изделия. Результаты испытаний оформляют актом с последующей записью в журнале [9]. По ВМ, не выдержавшим испытания, решение принимает руководитель организации потребителя.

В соответствии с ГОСТ 22352-77 на продукцию производственно-технического назначения устанавливают гарантийные сроки хранения, до истечения которых изготовитель (поставщик) обязан безвозмездно исправить дефекты продукции или заменить ее, если не докажет, что дефекты возникли вследствие нарушения потребителем правил пользования продукцией или ее хранения; гарантийный срок хранения проставляют в паспорте - это категория коммерческая, устанавливает ее изготовитель (поставщик).

6. Требования к персоналу. Профессиональный отбор, обучение и проверка знаний лиц для специальных взрывных работ* установлены «Положением о порядке подготовки и проверки знаний персонала для взрывных работ» РД 13-415-01 [13].

Взрывник на прострелочных и взрывных работах должен выполнять требования:

- Руководства по эксплуатации (по каждому конкретному аппарату);
- Инструкции по охране труда на виде работ и для рабочего.

Руководитель ПВР, выполняемых с применением электрического способа взрывания, должен иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже III; работу с взрывчатыми материалами могут выполнять только взрывники.

Критерии оценки генерируемых опасных или вредных производственных факторов по рассмотренным требованиям к производственному процессу изложены в нормативных документах, утвержденных органами Государственного надзора. Каждая новая, рассматриваемая при экспертизе разработка (технология или ПВА), должна ритмично вписываться в типовой (штатный) производственный процесс.

При «Нестандартной» ситуации, когда оптимальная технология работ противоречит требованиям безопасности, дополнительно должны быть разработаны организационные мероприятия или технические устройства, ограничивающие до определенных допустимых пределов или локализирующие полностью опасные или вредные проявления.

При выполнении экспертизы на безопасность с целью выпуска на рынок геофизических услуг новых технологий или ПВА рассматривают их адаптацию к типовому технологическому процессу выполнения ПВР. По результатам экспертизы Ростехнадзор, в соответствии с РД 13-537-03, разрешает проведение испытаний в производственных условиях, а затем и применение технологии или аппарата. «Перечень взрывчатых материалов, оборудования и приборов взрывного дела, допущенных к применению в Российской Федерации» периодически обновляется и публикуется в официальном издании Ростехнадзора. Согласно п. 2.6 (РД 13-537-03) «Разрешение на применение технических устройств иностранного производства» Ростехнадзор выдает в общем порядке. Проводимая экспертиза на безопасность не затрагивает вопросов приоритета разработки, стоимости работ и эффективности применения, а также необходимости новых разработок для решения очередных, еще не решенных задач вскрытия все это решает рынок услуг.

За последние годы у ряда организаций проявилась тенденция к разработке кумулятивных зарядов для вторичного вскрытия пласта. При оценке на любительском уровне, такой подход чрезвычайно привлекателен, используя серийно выпускаемый корпус перфоратора, разработанного другой организацией, создать к нему еще один заряд. Такие «разработчики» зарядов выходят на разработчиков перфорационных систем на стадии допуска к испытаниям в производственных условиях, отдельные из них не понимают, для чего нужен корпус, когда

* взрывные работы при сейсмозащедке, а также при прострелочно-взрывных и иных работах в нефтяных, газовых, водяных и других скважинах.





можно спускать и на проволоках или ленте.

Следует иметь в виду, что Ростехнадзор допускает на рынок геофизических услуг прострелочный или взрывной аппарат в целом (в комплексе) таким, как он функционирует в скважине, а не отдельные его части (корпус, заряд ВВ, взрывной патрон, детонирующий шнур).

Согласно [14] корпус кумулятивного перфоратора (как одноразового, так и многоразового применения) помимо основного несущего назначения, воспринимает боковое, фугасное воздействие заряда, предохраняя тем самым обсадную колонну от деформации, что особенно важно при некачественном затрубном цементном камне. При взрыве заряда корпус перфоратора расширяется, величина расширения на залп зависит от многих факторов, в том числе, и от массы ВВ и геометрии заряда. Это расширение на залп не должно превышать определенного значения, в противном случае оно приведет:

- для перфораторов одноразового применения - к разрыву корпуса и заклиниванию в колонне;

- для перфораторов многоразового применения - к потере герметичности и невозможности дальнейшего использования, т.е. сокращению ресурса (количества залпов), в пределах которого гарантирована безопасная его эксплуатация, использование корпуса за пределами ресурса может привести к разрыву и заклиниванию в колонне. Таким образом, наряду с максимальным давлением и температурой применения, расширение корпуса за один залп является нормируемым параметром режимов работы.

Поэтому, руководствуясь [15], разработчику нового кумулятивного заряда необходимо выполнить согласование его применения (по нормируемым параметрам режимов работы на перфоратор в целом) с держателем подлинников конструкторских

документов, а затем с учетом [16] внести изменения в технические условия, Руководство по эксплуатации и паспорт на перфоратор.

В целях обеспечения сохранности ВМ и предупреждения аварийности при выполнении ПВР, должна быть введена маркировка абсолютно на все изделия, входящие в объект, т.е. в строгом соответствии со спецификацией в конструкторской документации, которая должна быть продублирована в разрешении Ростехнадзора на применение.

Нормативные ссылки

1. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (ФЗ-116 от 21.07.97 г.).
2. ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ Процессы производственные. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ Р 15.109 Материалы взрывчатые промышленные.
4. ПБ 03-246-98 Правила проведения экспертизы промышленной безопасности.
5. РД 13-537-03 Положение о выдаче разрешений на применение взрывчатых материалов промышленного назначения и проведения взрывных работ.
6. ГОСТ Р 12.1.052-97 Паспорт безопасности вещества (материала).
7. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности ПБ 08-624-03.
8. Система ЕСКД; ГОСТ 2.601-95. Эксплуатационные документы.
9. Единые правила безопасности при взрывных работах ПБ 13-407-01.
10. Единые правила безопасности при взрывных работах ПБ 13-01-92.
11. Правила перевозки опасных грузов автомобильным транспортом (утверждены приказом Минтранса РФ 73 от 08.08.95 г.).
12. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов; ECE/TRANS/140; ДОПОГ.
13. Положение о порядке подготовки и проверки знаний персонала для взрывных работ РД 13-415-01.
14. Н.Г. Григорян. Вскрытие нефтегазовых пластов стреляющими перфораторами. Москва: Недра, 1982 г.
15. ГОСТ 2.124-85 ЕСКД Согласование применения покупных изделий.
16. Р 50-601-12-89 Рекомендации. Модернизация, модификация и совершенствование выпускаемой продукции.

75 лет геофизическому факультету МГРИ-МГРУ и началу подготовки инженеров-геофизиков в России

Профессор Зинченко В.С., МГРУ, г. Москва

История геофизического факультета МГРИ-МГРУ теснейшим образом связана со становлением геофизической службы в нашей стране. Геофизические методы возникли и начали интенсивно развиваться в двадцатые годы прошлого столетия, как новые прогрессивные способы изучения земной коры на основе наблюдений различных физических полей, распределение или характер которых отражают влияние геологической среды - горных пород, слагающих земную кору, на том или ином участке исследований и отличающиеся друг от друга по физическим свойствам. Впервые эффективность геофизических методов была показана в процессе геологоразведочных работ по изучению Курской магнитной аномалии, где методы применялись в больших объемах. В этих работах участвовали академики Г.А. Гамбурцев, П.П. Лазарев, профессора А.И. Заборовский и Л.В. Сорокин, которые впоследствии вместе с профессорами В.И. Барановым и В.Ф. Бончковским приняли участие в создании геофизической специальности в МГРИ.

Опыт первых лет широкого применения геофизических методов исследований определил в значительной мере лицо будущего геофизика-геологоразведчика. Возникло понимание того, что специалист в области геофизических методов должен в равной мере быть и геологом, и физиком. Только синтез этих двух крупных направлений естественных наук обеспечивает, как геологически

правильную формулировку задачи, так и физически обоснованное ее решение. Подготовка кадров такого профиля не осуществлялась тогда ни в СССР, ни за рубежом. Между тем интенсивный рост экономики страны, наметившийся к концу двадцатых годов, ставил вопрос о резком увеличении объемов геологоразведочных работ и подготовки инженерно-научных кадров, что потребовало резкой перестройки системы высшего образования.

В связи с этим 17 апреля 1930 года по решению Высшего Совета Народного Хозяйства (ВСНХ) Московская горная академия была расформирована и на ее базе создали шесть высших технических учебных заведений (приказ №1238): геологоразведочный, горный, нефтяной и торфяной институты, а также институты цветных металлов и золота и горной металлургии.

При этом в состав Московского геологоразведочного института был включен так же геологический факультет Московского государственного университета, а сам институт размещен в помещениях I-го МГУ. Благодаря этому обстоятельству, в работе МГРИ стали принимать участие такие выдающиеся ученые-геологи, как академики А.П. и М.В. Павловы, А.Е. Ферсман, В.И. Вернадский, П.П. Лазарев и др.

Первоначально с апреля по июль 1930 г. наш вуз назывался Московское высшее геологоразведочное училище и входил в состав Московского геолого-

разведочного комбината вместе с геологоразведочным и буровым техникумами и рабфаком. Через год эти средние учебные заведения стали самостоятельными.

Первое упоминание о геофизическом факультете содержится в "Приказе №14" по Московскому высшему геологоразведочному училищу от 9 июня 1930 г., в котором отмечается: "Назначить Заборовского Александра Игнатьевича заведующим геофизическим факультетом с 5-го июня 1930 года".

Эта дата и является фактически Днем рождения геофизического факультета. Приказами от 7 и 15 июля 1930 г. Начальника Главного Геологоразведочного управления ВСНХ-СССР т. Сыропотова в структуру института вместо факультетов ввели отделения, в т.ч. отделение геофизических методов разведки (приказ №29 по МГРИ от 15 июля 1930 г.) Подготовка инженеров геофизиков-разведчиков осуществлялась по 4 специальностям: магнитометрическая, электроразведочная, гравито-сейсмическая и радиометрическая.

Первоначально геофизическое отделение состояло из четырех специальных кафедр (приказ №42 от 17 августа 1930 г.):

- электрометрии;
- магнитометрии - зав. кафедрами проф. А.И. Заборовский;
- сейсмо-гравиметрии - зав. кафедрой проф. В.Ф. Бончковский; затем академик Г.А. Гамбурцев;
- радиометрии - зав. кафедрой проф. В.И. Баранов,
- и трех общих кафедр:
- математики - зав. кафедрой проф. В.Т. Тер-Оганезов;
- физики - зав. кафедрой проф. В.Л. Левшин;
- электротехники.

Ведущую роль в составлении первого учебного плана специальностей, программ лекционных курсов, лабораторных практикумов сыграли А.И. Заборовский, В.И. Баранов, В.Ф. Бончковский, Г.А. Гамбурцев, П.П. Лазарев, Л.В. Сорокин.

Впервые геофизическая специализация в высшей школе страны появилась на физико-математическом факультете МГУ в 1928 году на базе геофизического уклона (специализации) физического цикла физико-математического отделения этого факультета. Однако физико-математический факультет не мог обеспечить необходимую геологическую подготовку геофизиков-геологоразведчиков и в 1930 году геофизическая специальность была переведена в МГРИ, где и приобрела четко выраженный геологоразведочный профиль. До этого в Московской горной академии педагогическую работу в области разведочной геофизики вел только проф. А.И. Заборовский, читавший с 1923 года ознакомительные курсы геофизических методов на геологоразведочном факультете для будущих геологов и горных инженеров.

Первый выпуск инженеров-геофизиков разведчиков состоялся в феврале-апреле 1931 года (приказы №19 от 3 февраля 1931 г., №55 от 23 марта 1931 г. и №66 от 18 апреля 1932 г.). Контингент этого выпуска составили студенты геофизической специализации физико-математического факультета МГУ: Авдеев Михаил Михайлович, Больших Степан Фомич, Баранов Ефим Константинович, Васильев Михаил Викторович, Жуков Сергей Семенович, Комаров Сергей Григорьевич, Коржев Алексей Анисимович, Корович Федор Павлович, Курбатов Лев Михайлович, Лившиц-Озерская Матильда Львовна, Маркузе Лидия Сергеевна, Николаенко Василий Сергеевич, Поляков Степан Борисович, Прозорова Екатерина Ивановна, Рабинович Бронислава Владимировна, Резник Авраам Михелевич, Рутштейн Виктор Данилович, Рейнгольд Лия Борисовна, Таллако Наталья Павловна.

Для этих студентов, имевших уже достаточную физико-математическую подготовку, в течение одного года пребывания в МГРИ были прочитаны сокращенные курсы геологических специальных дисциплин. Последующие выпуски учились уже в нормальных условиях, специальность все более выкристаллизовывалась. Среди инженеров-геофизиков-разведчиков первого выпуска было 11 специалистов по сейсмометрии, 1 по гравиметрии и 6 по электрометрии.

В 1931/1932 учебном году на геофизическом отделении обучалось 137 студентов (приказ №150 от 19 сентября 1931 г.). В течение учебного года проводилось два приема: летний и зимний.

С момента образования геофизического факультета до 1954 года его возглавлял профессор Александр Игнатьевич Заборовский.

С 1954 по 1958 г. деканом был профессор Анатолий Георгиевич Тархов, с 1958 по 1961 г. и с 1970 по 1975 г. - профессор Лев Львович Ляхов, с 1961 по 1970 г. - доцент Даниил Федорович Зимин, с 1975 по 1978 г. - профессор Дмитрий Сергеевич Даев, с 1978 по 1985 г. - профессор Алексей Алексеевич Никитин, с 1986 по 1990 г. - профессор Геннадий Владимирович Демура. С 1991 года по настоящее время факультетом руководит профессор Владимир Степанович Зинченко.

В 1932 году в соответствии с Постановлением Правительства СССР об укрупнении специальностей и переходе к подготовке специалистов широкого профиля, специальные геофизические кафедры были объединены в одну кафедру "Прикладной геофизики", позже переименованную в кафедру общих геофизических методов разведки. Ее заведующим стал профессор А.И. Заборовский (приказ №54 от 19.02.32, приказ №61 от 22.02.32). Пять специальностей также были объединены в одну специальность "Геофизические методы разведки".

С этого времени факультет стал готовить для разведочной геофизики специалистов широкого профиля, сочетающих глубокую физико-математическую и геологическую подготовку с освоением широкого спектра геофизических дисциплин. Такой подход к формированию инженера-геофизика обеспечивал возможность творческой работы в различных областях геологоразведки: рудной, нефтяной, угольной, инженерных и гидрогеологических изысканий.

Приказом №335 от 2 ноября 1932 г. в составе института вместо 9 отделений организуется 5: геологическое, геологоразведочное, инженерно-гидрогеологическое, геофизическое и геолого-экономическое. В состав геофизического отделения вошли кафедры: "Прикладной геофизики", "Математики" и "Физики". Заведующим отделением был назначен проф. А.И. Заборовский. Приказом №322 от 15 октября 1932 г. отделения института были объединены в два факультета: геолого-гидро-геологический и разведочно-геофизический.

В 1933/1934 учебном году в состав кафедр геофизического отделения разведочно-геофизического факультета вошли (приказ №289 от 3 октября 1933 г.):

кафедра прикладной геофизики: зав. кафедрой, профессор А.И. Заборовский, профессор Л.В. Сорокин, доцент Г.А. Гамбурцев, ассистенты Л.М. Альпин, М.К. Антокольский, Е.К. Баранов, К.И. Волков, Ф.П. Корович, В.О. Уринсон, Б.Н. Кудымов, М.В. Шулятьев, С.И. Сыромятников.

кафедра математики: и.о. зав. кафедрой, профессор профессор В.Т. Тер-Оганезов, доценты Н.П. Малышев, Б.М. Щигалев, Г.Н. Дубошин.

кафедра физики: зав. кафедрой, профессор В.Л. Левшин, доценты С.М. Романовская, Л.А. Тумерман, ассистент Н.А. Соколов.

С 1931 по 1941 г. на факультете было подготовлено 216 инженеров-геофизиков, с 1941 по





1950 г. - 201.

Выпускники довоенных лет сыграли важную роль в развитии минерально-сырьевой базы страны, как в тридцатые годы, так и в годы Великой Отечественной войны. Среди лауреатов государственных премий тех лет были и питомцы геофизического факультета.

В довоенные годы свыше 70% выпускников факультета направлялись в геофизическую службу нефтяной промышленности. Фактически основа нефтяной геофизической службы, сформировавшаяся в довоенные годы, была создана усилиями выпускников МГРИ (П.А. Поспелов, В.А. Харьквич, М.К. Полшков, С.Г. Комаров, Н.А. Перьков, А.Н. Федоренко, Е.Н. Каленов, А.М. Загармистр, Я.Г. Цеков и др.) и ученых факультета (А.И. Заборовский, Г.А. Гамбурцев, Л.М. Альпин, Л.В. Сорокин, Л.А. Рябинкин).

В 1949-1950 г. учебный план претерпел серьезную перестройку - была выделена специализация по геофизическим методам поисков и разведки месторождений радиоактивных элементов. Руководителем новой специализации (а позднее специальности) стал профессор В.И. Баранов. В связи с этим из состава кафедры общих геофизических методов была выделена кафедра радиометрических и ядерно-физических методов. После проф. В.И. Баранова кафедрой стала заведовать проф. А.С. Сердюкова, а с 1970 по 1978 г. - профессор А.Г. Тархов, с 1979 по 1984 г. - профессор Ю.Н. Бурмистенко, ныне кафедрой ядерно-радиометрических методов и геофизической информатики заведует проф. А.А. Никитин.

Годы 1951-1956 явились очень напряженными для факультета. В это время на факультете была сконцентрирована подготовка не только инженеров-геофизиков двух направлений, но также и подготовка геологов-разведчиков по поискам редких и радиоактивных элементов. В этот период факультет по численности студентов и преподавателей был самым крупным в институте.

В 1968 году в соответствии с практическими требованиями геологической службы страны для дальнейшего повышения качества выпускаемых специалистов в специальности "Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых" были выделены три специализации: "Рудная геофизика", "Структурная геофизика" и "Геофизические методы исследования скважин". На каждой из этих специализаций сохраняется широкий профиль подготовки специалистов-геофизиков. Значительно усилилась математическая подготовка студентов в связи с широким внедрением в геофизические исследования компьютерных технологий в регистрации и обработке геофизических наблюдений. Объем учебных часов по информатике и технологии программирования по геофизической специализации достигает 600 часов, что в два раза превышает уровень установленный Государственным образовательным стандартом для инженерных специальностей. В 1980 году на кафедре ЯРМ и ГИ была открыта специализация "Математическое моделирование в геофизике".

Особо следует остановиться на периоде с 1991 по 2005 г., явившемся суровым испытанием, как для России в целом, так и для высшего образования страны. Геофизическому факультету Московской государственной геологоразведочной академии - Московскому государственному геологоразведочному университету (так он стал называться с 5.06.2001 г.) удалось сохранить высокий уровень подготовки специалистов геофизиков. В период, когда среди молодежи резко упал престиж высшего образования (особенно это относится к 1991-1995 г.), приходилось внедрять новые формы обучения, открывать новые специализации, позволявшие выпускникам успешно работать не только в геологии, но и в смежных отраслях. Возникла острая необходимость в установлении и упрочнении связей

с геологическими и геофизическими предприятиями страны, в том числе, активное внедрение такой формы, как обучение по договорам с предприятиями. С 1991 по 1996 г. впервые в России была начата подготовка по ускоренным образовательным программам. Выпускники геологоразведочных техникумов, а позднее и математических колледжей, окончившие их с отличием зачислялись сразу на 2-ой курс (4 семестр). В течение 3,5 лет они получали необходимую подготовку на нашей специальности. Такая форма обучения помогла в первой половине 90-х годов сохранить на факультете контингент студентов и преподавателей.

В связи с резким изменением потребности экономики открылись новые специализации, такие как "Экологическая геофизика" и "Гидрогеологическая и инженерная геофизика".

Наличие на факультете высококвалифицированных специалистов на кафедре "Высшей математики и математического моделирования", а также специалистов в области математических методов и на других кафедрах факультета позволило открыть в 1994 году специальность "Прикладная математика" с подготовкой инженеров-математиков, в том числе по специализации "Моделирование в геофизике". В 1999 году в рамках специальности "Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых" началось обучение по специализации "Компьютерные технологии обработки информации". Геофизики, окончившие обучение по этой специализации, получили глубокую подготовку по английскому языку, информатике, технологии программирования и компьютерным технологиям. Они оказались очень востребованы на производстве в качестве специалистов по освоению мощных программных комплексов по обработке данных сейсморазведки и ГИС. В последнее десятилетие много внимания уделяется заочной форме обучения для сотрудников геофизических предприятий по специализациям "Геофизические методы исследования скважин" и "Сейсморазведка". С 1998 по 2005 г. подготовлено более 200 специалистов геофизиков, в том числе для треста "Сургутнефтегеофизика" - более 40, ОАО "Нижегородско-нефтегеофизика" - более 30, а также для ОАО "Калининграднефтегеофизика", ООО "Поморнефтегазгеофизика", ООО "Красноярнефтегеофизика", ОАО "Нарьянмарсейсморазведка", ОАО "Тверьнефтегеофизика", ОАО "НК "Роснефть" - Сахалинморнефтегаз" и др. геофизических предприятий.

Появилась такая форма обучения, как 2-ое высшее образование. Сотрудники геофизических предприятий, имеющие не профильное высшее образование, проходят обучение в течение 3-х лет для получения квалификации "Горный инженер" по специальности "Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых".

Всего за время существования геофизического факультета МГРИ-МГГРУ подготовлено около 4500 инженеров-геофизиков.

В настоящее время в состав факультета входят 6 кафедр:

- кафедра электро-гравимантных методов - зав. кафедрой проф. А.Д. Каринский
- кафедра сейсмических и скважинных методов - зав. кафедрой проф. Г.Н. Боганик
- кафедра ядерно-радиометрических методов и геофизической информатики - зав. кафедрой проф. А.А. Никитин.
- кафедра высшей математики и математического моделирования - зав. кафедрой проф. Ю.А. Фарков.
- кафедра технической кибернетики - зав. кафедрой проф. Л.З. Бобровников
- кафедра технической физики и физики горных пород - зав. кафедрой проф. Ю.А. Попов.

Нет преград для сейсморегистрирующей системы ARAM • ARIES



Система безошибочного восстановления данных (EDRTM)

! невозможно переоценить полезность системы при проведении полевых работ

! решает проблему статического электричества, вызываемого различными природными явлениями

ARAM-ARIES - современная телеметрическая система сбора сейсмической информации, позволяющая применять самые передовые технологии сбора данных, как при больших 3-х мерных (5-8 тысяч каналов в реальном времени), так и при малых 2-х мерных съемках с высокой степенью разрешения (до 0,25 мс).

Принцип формирования локальной геофизической сети позволяет качественно и экономически эффективно выполнять крупномасштабные проекты 3D с высочайшим качеством.

EDR распознает и восстанавливает статические ошибки в сейсмической записи, используя реальные сейсмические отсчеты, записываемые в памяти Дистанционного Разведочного Модуля (RAM). Система защищает Ваши данные от значительных статических разрядов, таких как молнии, порывы ветра при метелях и песчаных бурях и др. Кроме того, алюминиевая конструкция модуля RAM обеспечивает эффективную электронную защиту против разрушающего воздействия накапливаемого статического электричества.



Для получения дополнительной информации о компании GEO-X и сейсморегистрирующей системе ARAM свяжитесь с ближайшим представительством компании или посетите наш website www.aram.com

CANADA

Telephone:
1 (403) 537-2100
Facsimile:
1 (403) 537-2101
aram.ca@geo-x.com

U.S.A

Telephone:
1 (713) 780-7171
Facsimile:
1 (713) 780-2645
aram.us@geo-x.com

CHINA

aram.cn@geo-x.com
INDIA
aram.in@geo-x.com
RUSSIA
aram.ru@geo-x.com



Какие возможности понадобятся вам завтра?



Инновационные системы XZone[®]
для безграничных возможностей сейсморазведки сегодня

СИ Технолоджи, Россия, Краснодарский край, г. Геленджик, ул. Ручейная, д. 6,
т.: (86141) 2-66-15, 2-65-11, факс: (86141) 2-77-01, www.intromarin.ru, si@intromarin.ru