ISSN 2074-8906

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

ОБЩЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ

ИЮЛЬ-СЕНТЯБРЬ

03/2012

Издается с 2002 г.

ТЕМА НОМЕРА:

Техника и технологии разведочной геофизики



ТЕЛСС-3

ТАКЖЕ В НОМЕРЕ:

Специальному конструкторскому бюро сейсмического приборостроения - 50 лет

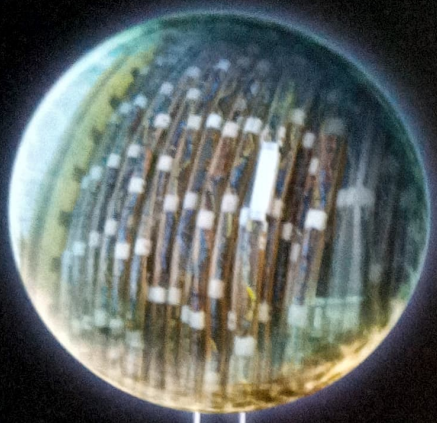
Проблемы качества и достоверности результатов геофизических исследований на нефть и газ

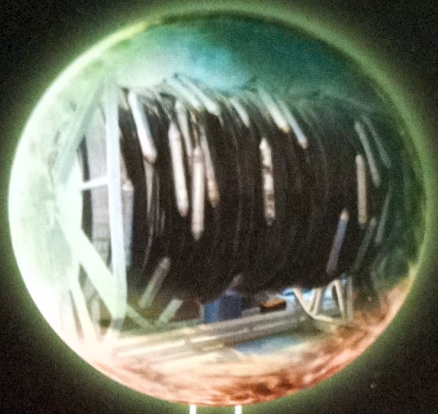


XZone® Bottom Fish

XZone® Marsh Line

XZone® Fly Lander









СИ Технолоджи

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

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



СОДЕРЖАНИЕ

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

Настал август, время ГЕОТЕХ 2012
П.А. Турлов 5

Тема номера: «Техника и технологии разведочной геофизики»

ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

ТЕЛСС-3: Два года в производстве и эксплуатации у потребителей
Федотов А.С., Федотов С.А. 6

МАЛОГЛУБИННАЯ СЕЙСМИКА

Новое поколение сейсмических станций для инженерных геофизических исследований – SGD-SEL96B CMP, SGD-SEL48B, SGD-SEL48B CMP, SGD-SEL24BE, SGD-SET и SGD-SMT «TUNNEL»
Золотарёв В.Н., Ревунов А.Б., Сорокин И.Л., Сыроватин Д.В., Черепанов В.П. 10

Технология скважинной сейсмотомографии малых глубин
Ларин С.В., Горячев В.В., Бондаренко Д.Н., Бучарский Б.В. 26

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА

Влияние нестационарности теллурического поля на результат измерения параметра поляризуемости при работе методом ВП ЕЭМПЗ
Потылицын В.С., Шайдуров Г. Я. 28

Электроразведочная аппаратура «БИКС»
Беляев В.Л., Вейхт Б.А., Ливеровский И.Г. 31

ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СКВАЖЕН

Проблемы качества и достоверности результатов геофизических исследований на нефть и газ
Дамаскин А.А., Ефимов В.А. 33

Геолого-геохимический модуль компьютеризированной станции ГТИ. Воспоминания о будущем
Головин Б.А., Головин К.Б., Калинникова М.В., Волкова Е.Н. 38

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Техника и технология сейсмических исследований в условиях предельного мелководья и выполнения «бесшовной» съемки на границе вода - суша
Захаров Н.В., Шумский Б.В., Рудаков А.В. 45

Система позиционирования модулей донного кабеля Marsh Line. Оптический датчик схода модулей
Гуров А.Ю. , Шульга А.С. 53

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

Учредитель
СРО МОО ЕАГО
Председатель П.А. Турлов

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

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

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

Выпускающий редактор
Кузнецов И.М.

Менеджер Матвеев С.А.
8(987) 822-68-37

Верстка Коваленко В.А.
v425489@yandex.ru

Обложка и оформление
Мокроусов Д.В.

Тел/факс: (8452) 64-14-32
www.psrgeo.ru

Тираж отпечатан в типографии "Правильный Вывод"
тел: (845-2) 56-32-42
Тираж: 300 экз.
Подписано в печать 13.08.12г.

Дата выпуска: 31.08.12 г.
Заказ № 290979

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

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

© П.А. Турлов, составление, 2012

© ООО «ИнформГеофизСервис», оформление, 2012



СОДЕРЖАНИЕ

С глаз долой, из сердца вон! Опыт применения бескабельной системы ZLand® в сложных условиях
Джим Блатмэн 57

Импульсный источник сейсмических сигналов "Волгарь-20"
ЗАО "ГЕОСВИП" 61

Технологии Leica Geosystems на Восточно-Сургутском нефтяном месторождении
пресс-служба компании ООО "Навгеоком" 63

О влиянии параметров вибрационного возбуждения на качество сейсмического полевого материала
Больбат В.М., Каримов И.И. 65

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

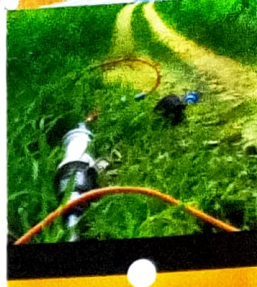
Исследование возможностей кодоимпульсного метода сейсмической разведки
Кострыгин Ю.П., Колесников Д.А. 73

ЗАМЕТКИ СУПЕРВАЙЗЕРА

Заметки супервайзера. Преодоление эксклюзивных зон
Цыпышев Н.Н. 81

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Специальному конструкторскому бюро сейсмического приборостроения – 50 лет
Кузнецов И.М., Мичурин А.В., Тарасов Н.В. 86



Настал август, время ГЕОТЕХ 2012

Турлов П.А., СРО МОО ЕАГО, г.Саратов

Многие из читателей нашего журнала знают, что если на дворе август, то геофизическое сообщество в скором времени начнет съезжаться в Саратов на ежегодную научно-практическую конференцию «Геотех». В этом году в рамках конференции будет проведен также ряд юбилейных мероприятий, связанных с 50-ти летней годовщиной создания старейшего конструкторского бюро в нашей отрасли – Саратовского СКБ сейсмического приборостроения.

Очевидно, что скучать не придется, но услышим ли мы что-нибудь новое?

Основные проблемы остались теми же, что обсуждались в прошлом году на конференции ГЕОТЕХ 2011. Но если вы внимательно следите за развитием ситуации в российском геофизическом приборостроении, то есть ряд нюансов, которые указывают на поступательное движение в этой области. Насколько верно, то направление, в котором идет развитие, это другой вопрос, и здесь могут быть разные мнения. Но, по крайней мере, российское геофизическое приборостроение не стоит на месте. Возьмем, к примеру, разработанные российскими компаниями кабельные и бескабельные телеметрические сейсморегистрирующие системы, предназначенные для изучения различных интервалов разреза земной коры, вибросейсмические источники. Великолепные параметры, высокая надежность, хорошие ценовые характеристики – все это присуще вновь разработанным аппаратуре и оборудованию. Но меня все время не покидает ощущение того, что российские сервисные геофизические компании и российское геофизическое приборостроение - это параллельные миры, которые существуют на широких российских просторах, не пересекаясь друг с другом.

Почему это так, для меня во многом остается загадкой. Хочется верить, что кто-то все же знает ответ на этот вопрос. Некоторые мои друзья, пытаясь объяснить те или иные труднообъяснимые российские реалии, ссылаются на татаро-монгольское нашествие 1238 года (дата приблизительная, поскольку в период раннего Средневековья репортажи с передовой уж точно не велись). Если это и так, то это лишь одна из возможных причин существующего положения.

Но если отбросить шутки в сторону, то одним из путей выхода из сложившегося положения является более интенсивный обмен информацией внутри нашего российского геофизического сообщества, более активная маркетинговая политика приборостроительных компаний, направленная на установление серьезных, долговременных и доверительных отношений с партнерами по бизнесу. Россия – страна с восточными корнями, поэтому доверительные отношения здесь являются основой бизнеса. Как раз одной из целей организаторов проведения ежегодной конференции «ГЕОТЕХ» и является установление этих доверительных отношений между представителями российского геофизического сообщества и приборостроителями. И мы гордимся тем, что журнал «Приборы и системы разведочной геофизики» является информационным спонсором этого важного отраслевого мероприятия.

Пользуясь случаем, напоминаю, что воспользовавшись услугами журнала «Приборы и системы разведочной геофизики», распространяемого среди квалифицированных читателей на территории России и других стран СНГ, Вы можете максимально выгодно представить как свою продукцию, так и предоставляемые Вашей компанией сервисные услуги.

Добро пожаловать на страницы нашего журнала!

Добро пожаловать в Саратов!

С уважением,
главный редактор журнала П.А. Турлов

НАШИ ПАРТНЕРЫ



ТЕЛСС-3: Два года в производстве и эксплуатации у потребителей

Федотов А.С., Федотов С.А., ООО «ГЕОСИГНАЛ», г. Москва

В сентябре 2010 года на традиционной конференции «Геотех-2010» в г. Саратове, ООО «ГЕОСИГНАЛ» представило на пленарном заседании и продемонстрировало в полевых условиях первую телеметрическую сейсморегистрирующую систему, построенную на основе 32-х разрядных аналого-цифровых преобразователях (АЦП), - телеметрическую сейсморегистрирующую систему ТЕЛСС-3..

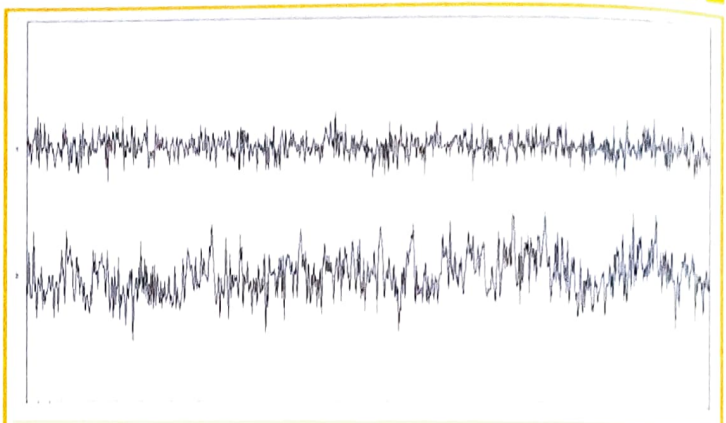


Рис. 1. Сопоставление шумов каналов телеметрических станций, построенных на 32-х разрядных(вверху) и 24-х разрядных(внизу) АЦП

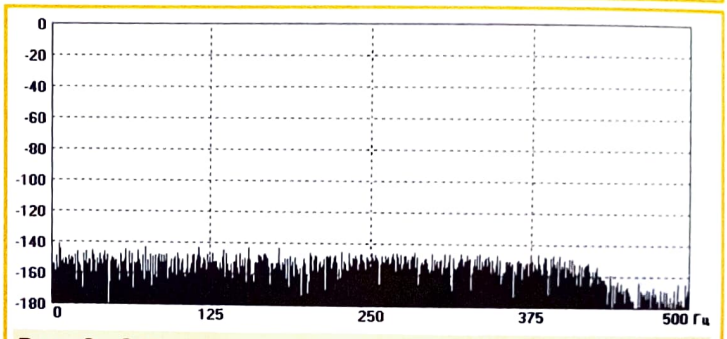


Рис. 2. Спектр шума канала телеметрической станции, построенной на 32-х разрядных АЦП

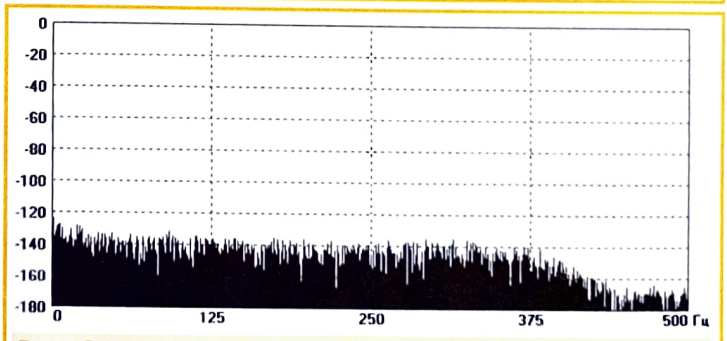


Рис. 3. Спектр шума канала телеметрической станции, построенной на 24-х разрядных АЦП

Последнее время вопрос качества приобретаемой аппаратуры стал все более и более интересовать потребителя, работающего в области инженерных изысканий, где задачи со стороны заказчика становятся все сложнее, а требования к их решению жестче. При этом требуется проведение геофизических исследований с получением геологического разреза высокого разрешения, сокращается время, отведенное на проведение полевых работ и камеральной обработки данных. Таким образом, требования к аппаратуре, связанные с обеспечением высокого качества регистрируемой информации, высокой помехоустойчивости, высокой производительности работ, ужесточаются. Качество записанной информации напрямую зависит от технических характеристик аппаратуры, в особенности от аналогового канала, оптимальное построение которого обеспечивает высокие параметры системы. Необходимо также во время проведения полевых работ осуществлять контроль основных параметров аппаратуры и сейсмической косы.

Именно необходимостью обеспечения более высокого качества регистрируемой информации и было обосновано применение в ТЕЛСС-3 АЦП более высокой разрядности. Благодаря этому были достигнуты следующие основные технические характеристики ТЕЛСС-3 (Таблица 1).

Таблица1. Основные характеристики аналогового канала ТЕЛСС-3.

Мгновенный динамический диапазон, дБ	130
Полный динамический диапазон, дБ	156
Уровень шума, мкВ	0,08
Коэффициент нелинейных искажений, не более %	0,0003

Применение 32-х разрядных АЦП позволило:

- увеличить мгновенный динамический диапазон системы;
- уменьшить коэффициент нелинейных искажений системы;
- улучшить электромагнитную защищенность аналогового канала ввиду его концентрации в единой интегральной схеме;
- уменьшить энергопотребление системы ввиду отсутствия необходимости проведения дополнительной цифровой фильтрации в сигнальных процессорах;
- уменьшить массогабаритные показатели полевого модуля.

Стоить отметить, что в настоящее время ни один из производителей сейсмической техники не перешел к серийному производству оборудования с использованием 32-х разрядных АЦП, хотя преимущества применения более высокоразрядного преобразователя очевидны. На рис. 1 приведена запись собственных шумов сейсмических каналов, построенных на 24-х и 32-х разрядных АЦП, записанных при td=1 мс, Ку= 1. Сравнение показало, что среднеквадратичное значение шума 32-х разрядного АЦП (верхний канал) примерно в 2 раза ниже 24-х разрядного (нижний канал). На рис. 2 и 3 приведены спектры зарегистрированных сигналов. Видно, что на спектре 32-х разрядного преобразователя амплитуда гармоник не превышает значения – 140 дБ, в то время как на спектре 24-х разрядного АЦП некоторые гармоники достигают значения – 124 дБ. Стоит также отметить, что на приведенных спектрограммах хорошо прослеживается качество анти-



Рис. 4. Кабельный полевой модуль ТЕЛСС-3



Рис. 5. Автономный полевой модуль ТЕЛСС-3

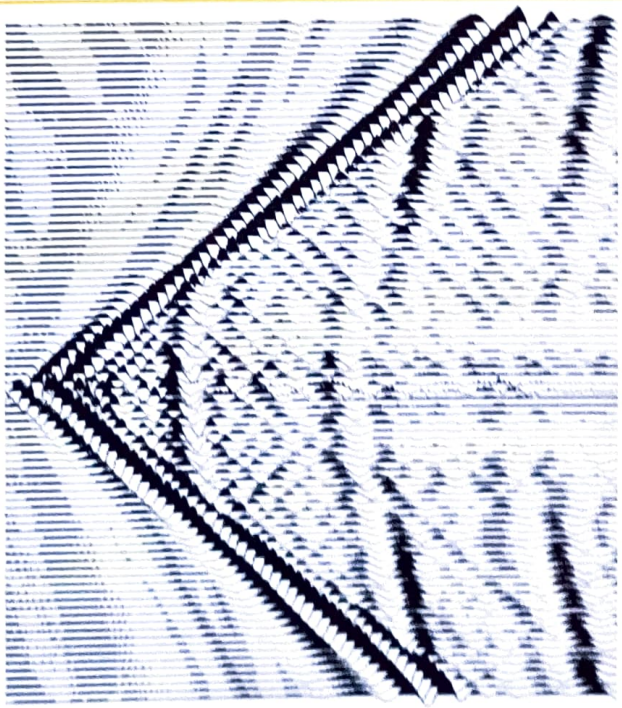
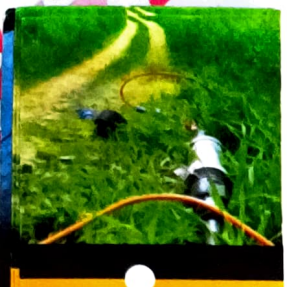


Рис. 6. Пример сейсмограммы с хорошим прослеживанием отраженных волн



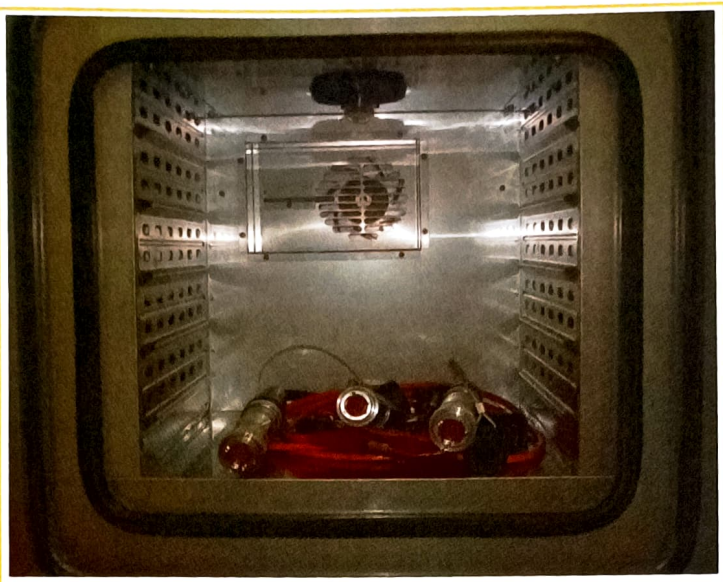


Рис. 7. Тестирование полевых модулей в климатической камере

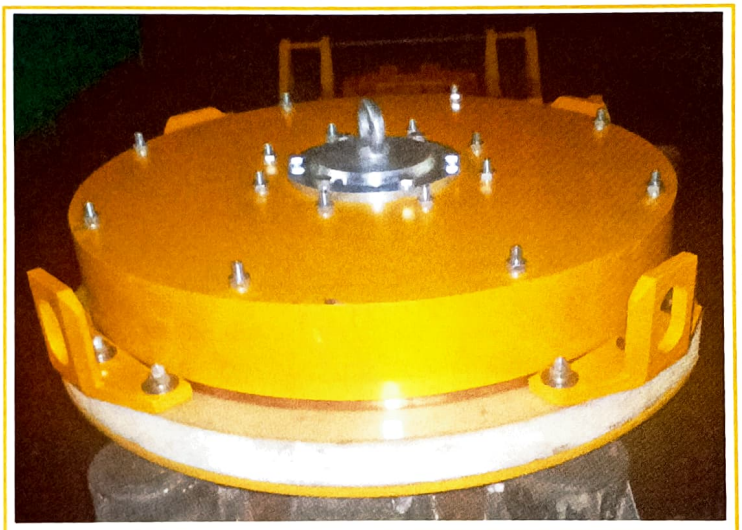


Рис. 8 Источник сейсмических волн «Волгарь-20»

аляйсингового фильтра. В частотном диапазоне 400 ÷ 500 Гц наблюдается спад АЧХ аналогового канала, обеспечивающий затухание -140 дБ на частотах выше 500 Гц.

Напомним, что система ТЕЛСС-3 может состоять из кабельных (рис. 4) и автономных (рис. 5) полевых модулей. Кабельные модули соединяются легким 8-ми жильным проводом. Передача данных от кабельных полевых модулей в ЦРС, построенную на основе компьютера типа ноутбук, осуществляется посредством проводного (USB) или беспроводного (Wi-Fi) интерфейсов. Данные от автономных модулей в ЦРС передаются в сети WLAN. Более подробно о возможностях системы было рассказано в (1-3).

Именно кабельный вариант ТЕЛСС-3 оказался наиболее востребован потребителями для изучения малых глубин. С начала производства заказчикам поставлено 12 сейсморегистрирующих систем с числом каналов от 24 до 120. За счет низкого значения собственных шумов и качественного построения входных аналоговых цепей системы, в ТЕЛСС-3 реализуется подавление высокочастотных паразитных помех, что обеспечивает высокое качество регистрируемой информации. На рис. 6 приведена сейсмограмма, где четко прослеживаются границы отраженных волн. При этом не применяется какая-либо обработка исходного сигнала, а для более четкого выявления отражений используется лишь регулировка усиления по времени. Соответственно, процесс обработки столь качественно записанного материала занимает меньше времени, а результат наиболее соответствует реальному строению геологического разреза.

По мнению специалистов ООО «ГЕОСИГНАЛ», занимающихся проведением сейсморазведочных исследований, а также потребителей аппаратуры, основными достоинствами сейсморегистрирующей системы ТЕЛСС-3 являются:

1. Технические параметры ТЕЛСС-3 обеспечивают высокое качество регистрации данных. В результате обеспечивается качество обработки и интерпретации.
2. Наличие аппаратно-программного комплекса полного тестирования аппаратуры и сейсмической косы дает возможность реализовать во время работы полный контроль параметров сейсмостанции (собственный шум, КНИ, амплитудной, фазовой неидентичности и др.) и косы (сопротивление сейсмоприемника и качество его установки). Уменьшается время, затраченное на подготовку к работе, данные о

параметрах станции фиксируются.

3. Четкая и стабильная отметка момента запуска сейсмостанции. Накопление сигнала происходит без смещения фазы для каждого воздействия, благодаря чему нет необходимости проводить дополнительную предобработку данных, выравнивая фазы каждой сейсмограммы.
4. Высокая помехозащищенность сигнала за счет меньшего расстояния от геофона до регистратора (по сравнению с линейными станциями).
5. Беспроводной интерфейс дает возможность осуществлять регистрацию на расстоянии от 100 до 1000 м от профиля, что позволяет более комфортно работать оператору при различных климатических явлениях(мороз, осадки).
6. Простой и дружественный интерфейс пользователя позволяет оператору оценивать качество регистрируемых данных в процессе работ.
7. Модульность системы обеспечивает высокую надежность и удобство при работе станции на профиле.

Более подробная информация о преимуществах ТЕЛСС-3 представлена в (4).

В телеметрической системе ТЕЛСС-3 разработчиками был учтен весь опыт эксплуатации сейсмостанций предыдущего поколения. За прошедшие два года с начала выпуска ТЕЛСС-3 изготовлено порядка 1000 каналов, прошедших полный цикл климатических испытаний в термокамере (рис. 7) в диапазоне рабочих температур от -40°С до + 85°С. Благодаря комплексу проводимого тестирования ни один модуль не был возвращен заказчиками в ремонт.

ТЕЛСС-3 нашла применение как в малоглубинных исследованиях (глубины до 100 м), так и для исследования глубин 500 ÷ 1000 м с импульсным источником ИДД 20 «Волжанин» производства ЗАО «ГЕОСВИП» (рис. 8).

В настоящее время можно подвести первые итоги эксплуатации системы. ТЕЛСС-3 стремительно вышла на рынок сейсморегистрирующих систем, предназначенных для изучения малых глубин и благодаря высоким техническим характеристикам и качеству регистрируемых данных заняла лидирующие позиции. Оборудование, поставленное потребителям, в течение нескольких полевых сезонов интенсивно эксплуатировалось как в суровых климатических условиях Якутии, так и в жестких условиях Краснодарского края.

Такие компании как ОАО «ВНИПИгаздобыча», ООО «Геотрансинжиниринг», ОАО «Метрогипротранс», ОАО «Гипропроект», ООО «Гео-Центр», ООО «ИнжГеоСервис» и др. переоснастили свой парк сейсморазведочной техники, заменяя аппаратуру более низкого качества на современное, полностью отвечающее сегодняшним требованиям оборудование, обеспечивающее эффективное решение сложных геологических задач. Готовится к отгрузке аппаратура для ЗАО «НИПИ «Инжгео», ГМК «Норильский никель» и др.

Руководители студенческих практик на кафедрах геофизики Московского Государственного Университета и Университета нефти и газа им. Губкина рекомендуют телеметрическую систему ТЕЛСС-3 для использования в практических работах, как наиболее современную сейсморазведочную аппаратуру.

В настоящее время идет подготовка сейсморазведочной станции ТЕЛСС-3 на 400 каналов для проведения глубинных работ с возможностью применения источников возбуждения импульсного и вибрационного типа.

Литература:

1. Федотов А.С. ТЕЛСС-3 – телеметрическая система на основе 32-х разрядных аналого-цифровых преобразователей. «Приборы и системы разведочной геофизики», № 3/2010, стр. 35.
2. Федотов А.С., Харламов А. В. Телеметрическая система ТЕЛСС-3: новые возможности. «Приборы и системы разведочной геофизики», № 4/2010, стр. 21-22.
3. Федотов А.С. ТЕЛСС-3- эффективный инструментарий для проведения сейсморазведочных работ по технологиям 2D, 3D, 4D. «Приборы и системы разведочной геофизики», № 2/2011, стр. 29-30.
4. Федотов С.А. Федотов А.С. Основные преимущества сейсмической телеметрической системы ТЕЛСС-3 при малоглубинных исследованиях. «Приборы и системы разведочной геофизики», № 2/2012, стр. 30-33.



Новое поколение сейсмических станций для инженерных геофизических исследований – SGD-SEL96B CMP, SGD-SEL48B, SGD-SEL48B CMP, SGD-SEL24BE, SGD-SET и SGD-SMT «TUNNEL»

Золотарёв В.Н., Ревунов А.Б., Сорокин И.Л., Сыроватин Д.В., Черепанов В.П., ООО НПК «СибГеофизПрибор», г. Новосибирск

В ноябре 2003 года ООО НПК «СибГеофизПрибор» завершило разработку и выпустило три первых образца инженерной сейсмостанции SGD-SEL. Станция была выпущена в трёх исполнениях – двенадцать (ОАО Башнефтегеофизика), двадцать четыре (ООО ГеоДэйта-Консалтинг) и сорок восемь (ОАО Самаранефтегеофизика) каналов.

Сейсмостанция предназначена для изучении скоростных характеристик верхней части разреза (ВЧР) при поиске и разведке месторождений нефти и газа, поиске и разведке рудных и угольных месторождений, а также при проведении малоглубинных инженерно-геофизических исследований при строительстве высотных зданий и сооружений, автомобильных и железнодорожных мостов, насыпей и путепроводов, железнодорожных туннелей, метро и т.п.

С учётом замечаний, полученных при проведении полевых работ в период 2003 - 2004 гг. с первыми образцами станций, в 2004 году был начат выпуск второй версии сейсмостанций.

В 2007 году была проведена модернизация сейсмостанции:

- вместо ЖК установлен новый дисплей типа TFL повышенной яркости и контрастности с расширенным диапазоном рабочих температур до минус 20°С;
- применен ударопрочный герметичный (IP-67) корпус № 1400 красного цвета из сополимерного полипропилена компании «PELICAN» (USA);
- существенно переработано программное обеспечение.

Питание сейсмостанции на 24 (или 12) канала регистрации (SGD-SEL24B и SGD-SEL12B) осуществляется от встроенного блока аккумуляторных батарей.

Всего за 9 лет в период с ноября 2003 по июль 2012 года было выпущено 72 станций, в том числе: SGD-SEL48 – 42, SGD-SEL24B – 25 и SGD-SEL12BE – 5.

Для изучения зоны малых скоростей (изучения ВЧР) было использовано 44 станции, в том числе: SGD-SEL48 – 27, SGD-SEL24B – 12 и SGD-SEL12BE – 5.

Для инженерных геофизических исследований было использовано 28 станций, в том числе: SGD-SEL48 – 15, SGD-SEL24BE – 13.

Сейсмостанция выпускается почти девять лет и поэтому назрела необхо-

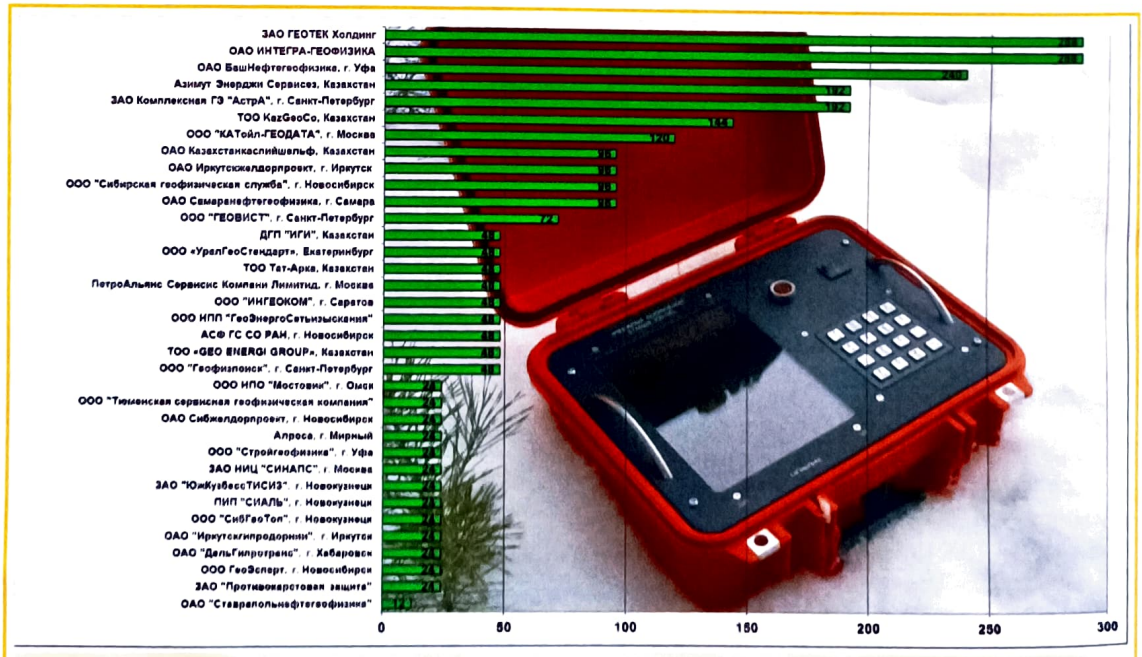


Рис. 1. Объём выпуска сейсмостанции SGD-SEL в период 2003-2012 годы

димость подготовить существенно обновленную версию. Кроме того, применяемые комплектующие либо технически устарели, либо находятся в стадии снятия с производства.

В настоящее время более 90% российского рынка малоканальных (до 96 каналов) портативных сейсмостанций с линейным разделением регистрирующих каналов, предназначенных для исследования ВЧР и инженерной геофизики, занимают пять компаний: ООО НПК «СибГеофизПрибор» (г. Новосибирск), ООО «ГЕОСИГНАЛ» (г. Москва), Группа компаний «ЛОГИС-ГЕОТЕК» (г. Москва), НТК «Диоген» (г. Москва) и СКБ СП (г. Саратов). Сравнительные характеристики трех лучших и массовых сейсмостанций приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование параметра	Ед. Изм.	SGD-SEL 2003	SGD-SEL 2012	ЭЛЛИСС-3 2009	Лакколит Х-М3 2008
Количество каналов регистрации	шт.	24/48	24...96	1...96	24
Количество дополнительных каналов	шт.	2	2	-	-
Уровень собственных шумов канала	мкВ	0,13	0,1	0,1	0,2
Коэффициент пред. усиления канала		1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128	1, 4, 16, 64, 256, 1024	1, 4, 16, 64, 256	1,10,100
Мгновенный динамический диапазон	дБ	105	116	120	103
Коэффициент взаимных влияний между каналами	дБ	120	130	130	103
Коэффициент подавления синфазного сигнала	дБ	85	100	100	90
Коэффициент нелинейных искажений канала	%	0,0025	0,001	0,001	0,007
Период квантования регистрируемого сигнала	мс	2, 1, 0.5, 0.25, 0.125	2, 1, 0.5, 0.25, 0.125	2, 1, 0.5, 0.25 0.125, 0.0625 0.05, 0.0125	2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625
Количество разрядов АЦП		23 + знак	23 + знак	23 + знак	23 + знак
Длительность регистрации (в отсчётах)	шт.	2000	неограничен	8192	5120
Максимальное количество накоплений	шт.	24	неограничен		
Системы синхронизации /синхронизация		SGD-S,SGD-SP SGD-SAH	SGD-S,SGD-SP SGD-SAH	сух. контакт, радиозапуск	сух. контакт, радиозапуск
Диапазон рабочих температур регистратора	°С	- 20 ... + 60	- 30 ... + 70	- 40 ... + 70	- 40 ... + 50
Диапазон рабочих температур управления	°С	-	-	NoteBook*	- 30 ... + 70
Напряжение питания	В	10.5 ... 28	10.5 ... 28	10.5 ... 13,5	12 ± 30%
Потребляемая мощность блока регистрации	Вт	16/24	11/12	5,8	6
Потребляемая мощность блока управления	Вт	-	-	NoteBook*	5*
Потребляемая мощность на один канал	Вт	0,5/0,66	0,46/0,25	0,5*	0,46*



Степень защиты блока регистрации		IP64	IP66	IP66	IP66
Степень защиты блока управления		-	-	NoteBook*	IP66
Габаритные размеры блока регистрации	мм	340·295·152	340·295·152	340·295·152	250·170·55
Габаритные размеры блока управления	мм	-	-	NoteBook*	215·150·75
Масса блока регистрации	кг	7,5/5	7,5/8	5**	1,26
Масса блока управления	кг	-	-	1,5*	6**
Масса блока питания (аккумулятора)	кг	-/6	-	6**	3**
Масса общая	кг	7,5/11	7,5/8	12,5**	10,26**
Масса на один канал	кг	0,31/0,23	0,31/,017	0,52/0,26	0,43

В таблице 2 приведены сравнения весовых и стоимостных показателей трёх сейсмостанций SGD-SEL24, SGD-SEL48 и SGD-SEL48*2 на 24, 48 и 96 каналов регистрации, соответственно. SGD-SEL48*2 - это две станции по сорок восемь каналов регистрации каждая, одна из которых регистрирует продольную составляющую сейсмического поля, а вторая – поперечную. Во всех

Таблица 2

	Сейсмостанция	Кол., шт.	Стоимость, руб.	Стоимость канала, руб.	Масса, кг	Масса канала, кг
1	**Сейсмостанция SGD-SEL2405**	**1**	**473 888**	**19 745/$607**	**40,5**	**1,69**
1.1	Сейсмостанция SGD-SEL24B	1	399 902		7,5	
1.2	Коса сейсмическая 24/5м (РКП-2М)	1	49 914		24	
1.3	Геофон GS-20DX/PC-801 (KCL-4FA)	12	11 328		4,2	
1.4	Геофон GS-20DX-2B/PC-801(KCL-4FA)	12	12 744		4,8	
2	**Сейсмостанция SGD-SEL4805**		**743 872**	**15 497/$477**	**79,5**	**1,66**
2.1	Сейсмостанция SGD-SEL48	1	577 964		5,5	
2.2	Коса сейсмическая 24/5м (РКП-2М)	2	99 828		48	
2.3	Геофон GS-20DX/PC-801 (KCL-4FA)	24	22 656		8,4	
2.4	Геофон GS-20DX-2B/PC-801(KCL-4FA)	24	25 488		9,6	
2.5	Блок аккумулятор. батарей SGD-B1212C	1	17 936		8	
3	**Сейсмостанция SGD-SEL4805*2**		**1 487 744**	**15 497/$477**	**159**	**1,66**
3.1	Сейсмостанция SGD-SEL48	2	1 155 928		11	
3.2	Коса сейсмическая 24/5м (РКП-2М)	4	199 656		96	
3.3	Геофон GS-20DX/PC-801 (KCL-4FA)	48	45 312		16,8	
3.4	Геофон GS-20DX-2B/PC-801(KCL-4FA)	48	50 976		19,2	
3.5	Блок аккумулятор. батарей SGD-B1212C	2	35 872		16	

случаях осуществляется одновременная регистрация продольной и поперечной составляющих сейсмического сигнала. В таблице представлен полный минимальный комплект сейсмостанции, необходимый для выполнения геофизических работ, в том числе и аккумуляторные блоки со встроенными зарядными устройствами. Время непрерывной работы 6...8 часов. Нет только системы синхронизации и источника возбуждения сейсмических колебаний, т.к. они общие для всех трех разновидностей станций.

В таблице 3 приведены сравнения весовых и стоимостных показателей четырех телеметрических сейсмостанций SGD-SET24, SGD-SET48, SGD-SET96 и SGD-SET192 на 24, 48, 96 и 192 каналов регистрации, соответственно. Отличительная особенность станций - это два встроенных геофона типа GS-20DX и GS-20DX-2B в каждом полевом модуле для одновременной регистрации продольной и поперечной составляющих сейсмического сигнала.

В таблице представлен полный минимальный комплект сейсмостанции, необходимый для выполнения геофизических работ, в том числе и аккумуляторные блоки со встроенными зарядными устройствами. Время непрерывной работы 6...8 часов. Нет только системы синхронизации и источника возбуждения сейсмических колебаний т.к. они общие для всех четырех разновидностей станций.

Всего за период 2007 – 2011 годы было поставлено семь сейсмостанций SGD-SET с общим количеством каналов, равным 626 (ООО «ИНГЕОКОМ». ООО "Сибирская Геофизическая Служба", ОАО «Ленгипротранс» и ЗАО "Гео-ИнТех").

В таблице 4 приведены результаты сравнения стоимостных и весовых характеристик сейсмостанций SEG-SEL и SEG-SET. Вес оборудования для 96-ти канальной (48 полевых модулей) телеметрической станции почти в два раза меньше классической станции. Стоимость оборудования при этом в 1,22

Таблица 3

	Сейсмостанция	Кол., шт.	Стоимость, руб.	Стоимость канала, руб.	Масса, кг	Масса канала, кг
1	**Сейсмостанция SGD-SET2405**	**1**	**601 210**	**25 050/$770**	**29,5**	**1,23**
1.1	Модуль бортовой SGD-SET/CUA	1	199 892		14	
1.1.1	Блок управления SGD-SET/FD	1	139 948		8,5	
1.1.2	Блок регистрации SGD-SET/FR	1	59 944		5,5	
1.2	Звено ПМ SGD-SET/L1205FU2	1	401 318		15,5	
2	**Сейсмостанция SGD-SET4805**		**1 007 720**	**20 994/$646**	**45,5**	**0,95**
2.1	Модуль бортовой SGD-SET/CUA	1	199 892		14	
2.1.1	Блок управления SGD-SET/FD	1	139 948		8,5	
2.1.2	Блок регистрации SGD-SET/FR	1	59 944		5,5	
2.2	Звено ПМ SGD-SET/L0805FU2	3	807 828		31,5	
3	**Сейсмостанция SGD-SET9605**		**1 815 548**	**18 912/$582**	**77**	**0,8**
3.1	Модуль бортовой SGD-SET/CUA	1	199 892		14	
3.1.1	Блок управления SGD-SET/FD	1	139 948		8,5	
3.1.2	Блок регистрации SGD-SET/FR	1	59 944		5,5	
3.2	Звено ПМ SGD-SET/L0805FU2	6	1 615 656		63	
4	**Сейсмостанция SGD-SET19205**		**3 551 092**	**18 495/$569**	**151**	**0,79**
4.1	Модуль бортовой SGD-SET/CUA	1	319 780		25	
4.1.1	Блок управления SGD-SET/FD	1	139 948		8,5	
4.1.2	Блок регистрации SGD-SET/FR	3	179 832		16,5	
4.2	Звено ПМ SGD-SET/L0805FU2	12	3 231 312		126	

Таблица 4

		Стоимость одного канала, руб./$				Масса одного канала, кг			
	Количество каналов	24	48	96	192	24	48	96	192
1	Сейсмостанция SGD-SEL	19 745	15 497	15 497		1,69	1,66	1,57	
2	Сейсмостанция SGD-SET	25 050	20 994	18 912	18 495	1,23	0,95	0,8	0,79
3	**SGD-SEL /SGD-SET**					**1.37**	**1.75**	**1.96**	
4	**SGD-SET/ SGD-SEL**	**1.27**	**1.35**	**1.22**					

раза (22%) больше. Однако уменьшение общего веса сейсмостанции, повышение технологичности и качества полевых работ позволит снизить производственные издержки и вернуть дополнительны затраты уже в первом полевом сезоне.

Из опыта внедрения инженерных телеметрических станций SGD-SET в период 2007 – 2012 годы следует, что производственники психологически и материально не готовы к внедрению и освоению нового оборудования. Надо сказать, что в нефтяной сейсморазведки переход от классических линейных станций к телеметрическим станциям произошел довольно быстро.

Для обеспечения детальности геофизических исследований при строительстве высотных зданий и сооружений, автомобильных и железнодорожных мостов, насыпей и путепроводов, железнодорожных туннелей, метро и т.п. необходимая глубина исследований достигает 100 метров. При работе методом преломленных волн (МПВ) – основным методом инженерной сейсморазведки, необходимая длина профиля равна 3-4 h (h - глубиной залегания преломляющей границы) т.е. 300 – 400 метров. Для обеспечения детальности шаг между точками наблюдения (геофонами) должен лежать в интервале 2,5 – 5 метров, т.е. количество точек регистрации 60 – 160. Таким образом, при одновременной регистрации продольной и поперечной составляющих волнового сейсмического поля количество каналов регистрации должно быть 120 – 320 каналов. Кроме того, для обеспечения детальности сейсмических исследований до первых метров необходимо использовать геофоны с полосой пропускания 500-1000 Гц, а частота квантования регистрируемого сигнала должна быть 2 - 4 кГц (T = 0.25...0.5 мс).



Рис. 2. Сейсмостанция SGD-SEL48B выпуска 2012 года

Кроме того, станции с линейным разделением каналов уступают цифровым телеметрическим сейсмостанциям в качестве регистрации сейсмического сигнала [1]. Поэтому прежде чем браться за новую версию станции были взвешены все «за» и «против». Мы полагаем, что классические сейсмостанции с линейным разделением каналов регистрации будут востребованы еще примерно лет 5 - 7 и постепенного будут вытесняться телеметрическими по мере завершения срока эксплуатации первых, осознания производственниками необходимости перехода на новые технологии и повышения требований со стороны заказчиков к

качеству выполнения геофизических исследований.

Прежде чем мы перейдем к обзору новых инженерных сейсмических станций, назовем четыре составляющих, от которых зависит качество полевых сейсмических данных при проведение геофизических исследований:

Геофоны - преобразователи первичного сейсмического поля в электрический сигнал;

Регистратор (сейсмостанция) - предварительное усиление, аналого-цифровое преобразование и регистрация сейсмического сигнала;

Источник возбуждения сейсмически сигнала – взрыв, вибрационный источник, электромагнитный импульсный источник, падающий груз или «кувалда»;

Система синхронизации источника возбуждения сейсмического сигнала и сейсмостанции.

В зависимости от решаемых геофизических задач к каждой из этих составляющих могут быть сформулированы свои требования.

Инженерные сейсмические станции SGD-SEL96B CMP, SGD-SEL48B, SGD-SEL24BE CMP и SGD-SEL24BE.

Сейсмостанция SGD-SEL нового поколения - это моноблок, к которому нужно подключить только сейсмические косы с сейсмоприёмниками и систему синхронизацию источника возбуждения сейсмических колебаний.

Использование моноблока – это философии нашей компании. Для уменьшения производственных затрат при проведении полевых работ необходимо уменьшать не только вес оборудования и количество блоков, но и, как следствие, количество обслуживающего персонала. Кроме того, отдельные блоки и соединительные кабели имеют свойство «неожиданно» исчезать в самый неподходящий момент.

Станция выпускается в четырех исполнениях: SGD-SEL96B CMP - 96 каналов для работы методом ОГТ или 48 каналов для поочередной регистрации продольных и поперечных волн; SGD-SEL48B – 48 каналов регистрации; SGD-SEL48B CMP - 48 каналов для работы методом ОГТ или 24 канала для поочередной регистрации продольных и поперечных волн; SGD-SEL24B – 24 канала регистрации.

Для удобства описания структуры, конструктивного устройства и основных принципов работы сейсмостанции представим её в виде четырёх функциональных узлов.

Первый функциональный узел - модуль управления, регистрации и визуализации, предназначенный для управления работой сейсмостанции в целом, регистрации и визуализации сейсмических данных, а также отображения и архивации результатов тестирования.

Второй функциональный узел – модуль аналого-цифрового преобразования, предназначенный для предварительного усиления и аналого-цифрового преобразования сейсмического сигнала.

Третий функциональный узел – модуль синхронизации и управления, предназначенный для синхронизации работы сейсмостанции с источником возбуждения сейсмических колебаний, модуля АЦП и модуля управления, регистрации и визуализации.

Четвертый функциональный узел - модуль питания, предназначенный для питания станции во всех режимах работы и заряда внутренней аккумуляторной батареи от внешней сети переменного тока.

Основные технические данные станции приведены в таблице 5.

Конструктивно сейсмостанция выполнена в ударопрочном герметичном (IP-67) корпусе № 1400 красного цвета из сополимерного полипропилена производства компании «PELICAN» (USA).

В крышке корпуса размещен **модуль управления, регистрации и визуализации**, который состоит из цветного графического дисплея типа 12,1" SVGA TFL NEC NL10276BC24-21F (1024·768 точек) и платы устройства управления, выполненной на основе одноплатного мини-компьютера Colibri T20 512MB IT. С правой стороны от экрана дисплея расположены: разъём «SD», предназначенный для установки энергонезависимого ЗУ типа SD Card емкостью до 32 ГБайта и записи сейсмических данных; разъём «USB», предназначенный для подключения внешних устройств с интерфейсом USB 2.0; разъём «LAN» - для подключения внешнего компьютера через интерфейс ETHERNET 10/100 Мбит/с. Использование сейсмостанции возможно в режиме удаленного доступа в сети ETHERNET. Программное обеспечение работает под управлением операционной системы LINUX.

На центральной панели корпуса сейсмостанции расположена специа-





Таблица

Наименование параметра (характеристики)	Значение
• Количество каналов регистрации сейсмического сигнала	96ОГТ, 48, 480
• Количество дополнительных (служебных) каналов регистрации	
• Уровень собственных шумов регистрирующего канала, мкВ	
• Максимальное напряжение входного сигнала, при Ku = 1, В	
• Входное сопротивление регистрирующих каналов, кОм	
• Коэффициент предварительного усиления регистрирующего канала, Ku	1, 4, 16, 64, 256,
• Мгновенный динамический диапазон регистрации сигнала, дБ	
• Коэффициент взаимных влияний между регистрирующими каналами, дБ	
• Коэффициент подавления входного синфазного сигнала, дБ	
• Частотный диапазон регистрируемого сигнала (по уровню минус 3 дБ), Гц	0...245,490,980,
• Период квантования регистрируемого сигнала , мс	2, 1, 0.5, 0.25,
• Коэффициент нелинейных искажений регистрирующего канала, %	
• Количество разрядов АЦП	
• Максимальна длительность регистрации (в отсчётах)	
• Максимальное количество накоплений	
• Управляющий микро-компьютер (микропроцессор)	Colibri T20 512MB
• Операционная система	LINUX
• Емкость оперативного ЗУ, МБайт	
• Емкость энергонезависимого ЗУ типа NAND Flash для данных, МБайт	
• Емкость энергонезависимого ЗУ типа SD Card для данных, ГБайт	
• Разрешение цветного графического дисплея NL10276BC24-21F, точек	1024•76
• Количество интерфейсов типа SD Card	
• Количество интерфейсов типа USB 2.0	
• Количество интерфейсов типа ETHERNET 10/100 Мбит/с	
• Количество клавиш специализированой шильд-клавиатуры	
• Система синхронизации взрывных источников	SGD-S, ShotPro
• Система синхронизации электромагнитных импульсных источников	SGD-S
• Система синхронизации источников типа «падающий груз», «кувалда»	SGD-SHC, SGD-S
• Батарея аккумуляторная герметизированная свинцово-кислотная	
• Номинальное выходное напряжение аккумуляторной батареи, В	
• Номинальная емкость аккумуляторной батареи, А•ч	
• Продолжительность непрерывной работы от аккумуляторной батареи, ч	
• Напряжение питания в режиме заряда от сети переменного тока, В	90...264
• Максимальная потребляемая мощность в режиме заряда, Вт	≤ 12
• Время заряда полностью разряженной аккумуляторной батареи, ч	11 ... 15
• Напряжение питания от внешнего источника постоянного тока, В	12...16
• Потребляемая мощность от внешнего источника ток, Вт	IP64
• Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 CEI 70-1 EN 60529)	
• Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	минус 30...+70
• Габаритные размеры, мм	340•295•152
• Масса, кг	

лизированная герметичная (IP67) шильд-клавиатура на 26 клавиш, предназначенная для управления работой сейсмостанции.

Под шильд-панелью в основной части корпуса расположены моду

аналого-цифрового преобразования, синхронизации и управления, а также **модуль питания**.

Модуль аналого-цифрового преобразования предназначен для предварительного усиления сейсмического сигнала и преобразования его из аналоговой формы в цифровой 24-х разрядный код. В качестве АЦП используется микросхема AD7767-2 компании Analog Devices. Конструктивно модуль состоит из четырех одинаковых 12-ти канальных плат. На входе каждого канала находятся ключи (реле) электронного коммутатора, которые обеспечивают работу сейсмостанции в режиме ОГТ и поочередной регистрации продольных и поперечных компонент сейсмического сигнала с четырех или двух 24-х канальных сейсмических кос.

Модуль синхронизации и управления предназначен для синхронизации работы: сейсмостанции с источником возбуждения сейсмических колебаний с помощью системы синхронизации SGD-S для взрывных источников возбуждения сейсмических колебаний, системы синхронизации и управления SGD-SP для электромагнитных импульсных источников и системы синхронизации SGD-SHC (SGD-SHR) для источников типа «падающий груз» и «кувалда»; модуля АЦП; модуля управления, регистрации и визуализации.

Модуль питания предназначен для питания сейсмостанции и состоит следующих узлов:

- аккумуляторная батарея герметизированная свинцово-кислотная «12 В, 8.5 А•ч»;
- устройство зарядное, предназначенное для заряда полностью разряженной аккумуляторной батареи за 10-11 часов по методу заряда IU (согласно DIN 41773);
- блок питания сетевой типа AME40-24SMAZ (компании AMITEC), предназначенный для питания зарядного устройства и сейсмостанции одновременно в стационарном режиме от сети переменного тока «220В, 50Гц».

На задней стенке корпуса сейсмостанции расположены два или четыре (в зависимости от исполнения) байонетных разъёма серии РБМ4 - «КАНАЛЫ 1...24», «КАНАЛЫ 25...48», «КАНАЛЫ 49...71», «КАНАЛЫ 72...96», предназначенные для подключения двух или четырех сейсмических кос по двадцать четыре канала каждая. Разъём «СИНХРОНИЗАЦИЙ», предназначенный для подключения котроллера SGD-SP системы синхронизации SGD-S взрывных источников возбуждения сейсмических колебаний, системы синхронизации и управления SGD-SP электромагнитных импульсных источников и акселерометра SGD-SSH, предназначенного для работы с источниками типа «падающий груз» и «кувалда». Также на задней стенке блока расположен разъем «ПИТАНИЕ», предназначенный для подключения резервного блока аккумуляторных батарей или источника питания переменного тока частотой «50Гц» напряжением «220В» для заряда внутренней аккумуляторной батареи.

Программное обеспечение регистрации и тестирования сейсмостанции.

Программное обеспечение сейсмостанции обеспечивает:

- тестирование работоспособности регистрирующих каналов с помощью внутреннего тестового генератора;
- контроль сопротивления сейсмических датчиков;
- контроль уровня шумов сейсмического профиля (микросейсм);
- регистрацию, накопление и запись сейсмической информации;
- управление источниками возбуждения с помощью систем синхронизации SGD-S, SGD-SP, SGD-SHC, SGD-SHR и т.п.
- просмотр сейсмической информации и результатов тестирования на экране дисплея;
- вывод сейсмической информации и результатов тестирования на принтер;
- формирование и распечатку рапорта оператора;
- запись сейсмической информации в формате SEG-Y и результатов тестирования регистрирующих каналов на ЗУ типа USB Flash Memory и SD Card

Геофоны.

Как мы уже отмечали выше, качество регистрации сейсмически данных зависит не только от «регистрирующего канала» (сейсмостанции). В зависимости от вида работ (частотного диапазона регистрируемых сигналов), количества геофонов на один канал, а также способа установки их установки, тип применяемых геофонов достаточно сильно влияет на разрешающую





Таблица 6

Наименование параметра (характеристики)	Значение
• Датчика регистрации сигнала ускорения (удара)	AD22281
• Время задержки срабатывания, мс	< 0,25
• Длительность выходного сигнала «Time Break», мс	> 50
• Полярность выходного сигнала «Time Break»	отрицательная
• Выход сигнала «Time Break»	открытый коллектор
• Максимальное допустимое напряжение на вводе сигнала «Time Break», В	18
• Максимальный выходной ток сигнала «Time Break», мА	100
• Максимальная длина кабеля соединительного, м	500
• Напряжение питания от источника постоянного тока, В	7,5 ...18
• Максимальный потребляемый ток, мА	5
• Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	минус 40 ...+70
• Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 CEI 70-1 EN 60529)	IP67
• Габаритные размеры (без кабеля), мм	56 • 40 • 20
• Масса с соединительным кабелем длиной 4 метра, кг	0,2
• Масса с соединительного кабеля длиной 65 метров, кг	1,8
• Масса с соединительного кабеля длиной 130 метров, кг	3,1

способность (детальность) применяемых геофизических методов, а также производительность. В основном применяются геофоны типа GS-20DX и GS-20DX-2B. Однако, если есть необходимость регистрировать сигналы с частотами до 1000-2000 Гц, рекомендуется применять геофоны типа L-40A (L-40A1, L-40A2 или L-40A3) производства компании Sercel или EST-20DX40 (EST-20DX60 или EST-20DX100) производства компании EARTH SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD или аналогичные. Следует отметить, что стоимость этих геофонов на порядок выше.

Источники возбуждения сейсмических сигналов.

От способа возбуждения сейсмических колебаний (источника) сильно зависит частотный спектр возбуждаемого сигнала и его энергия. Что касается сейсморазведочных работ для поисков нефти и газа, то здесь более или менее всё уже определено: взрыв, вибраторы и электромагнитные импульсные источники. Последние, правда, периодически подвергаются атакам со стороны «любителей» взрывов и вибраторов. Взрыв – это дорого, требуется специальное разрешение на проведение буро-взрывных работ и строгое соблюдение мер безопасности, а вибратор – это очень дорого и громоздко. При инженерных исследованиях традиционно используются «падающий груз», «кувалда» и малогабаритные электромагнитные импульсные источники. Частотный спектр и энергия возбуждаемых колебаний напрямую зависят от площади, скорости и времени взаимодействия источника и грунта [2]. Даже обыкновенной «кувалдой» одной и той же массы можно получить большие вариации частотного спектра и энергии.

Вопрос эффективности того или иного источника возбуждения сейсмических возбуждений это отдельная и большая тема, которая не является предметом данной статьи. Отметим только одно. Какой бы ни был источник возбуждения, эффективность его воздействия зависит от точности и стабильности работы системы синхронизации, поскольку, как правило, все работы выполняются в режиме накопления и от качества работы системы синхронизации напрямую зависит производительность и частотный спектр регистрируемого сигнала.

Синхронизация.

Применяемые системы синхронизации должны обеспечивать не только управление источниками возбуждения, но и точность, стабильность (повторяемость) отметки момента возбуждения (ОМВ), получаемой сейсмостанцией от источника возбуждения сейсмических колебаний через систему синхронизации. Если говорить о системах синхронизации SGD-S, SGD-SP, Shot Pro II, Bom Box и т.п., то точность и стабильность передачи отметки момента возбуждения в них не превышает 25 мкс, что с большим запасом обеспечивает качество полевого материала при всех видах сейсмических исследований.

Что касается инженерной геофизики, то здесь при использовании в качестве основных источников возбуждения «падающий груз» и «кувалда» тра-



Таблица 7

Наименование параметра (характеристики)	Значение
Временная погрешность при передаче сигнала «Time Break», мс	< 0,1
Максимальное расстояние между сейсмостанцией и источником, м	300 (800*)
Рабочая частота радиомодуля WI.DP1203-433-R, МГц	433
Номинальное выходное напряжение блока аккумуляторных батарей, В	2,4
Номинальная емкость аккумуляторной батареи, А·ч	2,7
Продолжительность непрерывной работы от аккумуляторной батареи, ч	50
Напряжение питания (заряда) от внешнего источника тока, В	10,5 ...28
Максимальный потребляемый ток в рабочем режиме, мА	25
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	минус 40 ...+70
Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 CEI 70-1 EN 60529)	IP67
Габаритные размеры (без антенны), мм	150·64·35
Масса, кг	0,5

Таблица 8

	Наименование	Обозначение	Кол., шт.	Стоимость, руб.
1	**Сейсмостанция SGD-SEL24BE05 в составе:**	**СГФП 237.00.00-01**	**1**	**577 846**
1.1	Станция инженерная сейсмическая SGD-SEL24BE	СГФП 237.00.00	1	489 936
1.2	Программа обработки и интерпретации ZondST2d		1	
1.3	Система синхронизация SGD-SHC65 по кабелю	СГФП 235.00.00	1	15 340
1.4	Коса сейсмическая 24 канала «шаг 5 м» (РКП-2М)	СГФП 237.81.00-50	1	49 914
1.5	Геофон GS-20DX/PC-801 (вертикальный) (KCL-4FA)	СГФП 037.63.00	24	22 656
2	**Сейсмостанция SGD-SEL48B05 в составе:**	**СГФП 237.00.00-05**		**844 054**
2.1	Станция инженерная сейсмическая SGD-SEL48B	СГФП 237.00.00-04	1	679 916
2.2	Программа обработки и интерпретации ZondST2d		1	
2.3	Система синхронизация SGD-SHC130 по кабелю	СГФП 235.00.00-01	1	18 998
2.4	Коса сейсмическая 24 канала «шаг 5 м» (РКП-2М)	СГФП 237.81.00-50	2	99 828
2.5	Геофон GS-20DX/PC-801 (вертикальный) (KCL-4FA)	СГФП 037.63.00	48	45 312
3	**Дополнительно оборудование**			
3.1	Геофон GS-20DX-2B/PC-801 (горизонтал.) (KCL-4FA)	СГФП 037.64.00	12	12 744
3.2	Геофон GS-20DX-2B/PC-801 (горизонтал.) (KCL-4FA)	СГФП 037.64.00	24	25 488
3.3	Система синхронизация SGD-SHR по радиоканалу	СГФП 238.00.00	2	29 972

диционно применяются либо геофон, который подключается к дополнительному каналу сейсмостанции, либо различные системы, основанные на замыкании контактов в момент удара «кувалды» о землю. В первом случае (геофон) точность синхронизации составляет 1-2 мс, что приводит к «потере» высокочастотной составляющей сейсмического сигнала при накоплении и, как след-



ствие, к снижению детальности изучения среды. Точность второго способа также весьма сомнительна. В качестве датчика ОМВ используют также пьезоэлементы, но они механически непрочны и недолговечны, хотя и достаточно точны. Мы рекомендуем использовать в качестве датчик ОМВ акселерометр. Акселерометр располагается либо непосредственно около места возбуждения сигнала (так было сделано в предыдущей версии сейсмостанции – цифровой акселерометр SGD-ADSS), либо непосредственно на источнике возбуждения «кувалде». Ускорение, которое возникает при ударе кувалды о землю, превышает несколько сотен «g» и поэтому такой датчик должен быть удароустойчивым, прочным и надежным.

Для новой сейсмостанции был разработан такой датчик ОМВ на базе акселерометра. Датчик отличается малыми весом и габаритными размерами, высокой надёжностью, точностью и повторяемостью, малым потреблением. При ударе о землю на выходе датчика формируется токовый импульс запуска сейсмостанции. Технические параметры датчика ОМВ - акселерометра SGD-SAH приведены в таблице 6.

Сигнал запуска сейсмостанции «Time Break» может быть доставлен двумя способами: по кабелю или по радиоканалу. Первый способ надежный, но не всегда и везде может быть удобным. Поэтому для передачи ОМВ от источника возбуждения к сейсмостанции рядом компаний были разработаны системы «радиозапуска». И наша компания не исключение. Однако производственники, использующие системы «радиозапуска» некоторых компаний, жалуются на их нестабильность, низкую надежность запуска и небольшие удаления. Ниже, в таблице 7, приведены основные параметры системы синхронизации SGD-SHR, предназначенной для инженерных сейсмических станций. Принципиальным отличием данной системы синхронизации от других систем «радиозапуска» заключается в использовании для передачи сигнала запуска «Time Break» псевдослучайных m-последовательностей, что обеспечивает высокую точность и достоверность запуска сейсмостанции.

В заключение, в таблице 8, приведены типовые комплекты поставки сейсмостанции SGD-SEL48B и SGD-SEL24BE.

В комплект поставки сейсмостанции входит программа ZondST2d, предназначенная для двухмерной обработки и интерпретации данных сейсмической томографии на преломленных волнах и КМПВ в наземном, скважинном, межскважинном и акваторном вариантах, разработанная Каминским А.Е. Подробно на сайтах: www.astrageo.com, www.zond-geo.ru.

Отличительные особенности новой сейсмостанции:

- увеличен мгновенный динамический диапазон регистрации сигнала до 116 дБ;
- уменьшен коэффициент взаимных влияний между каналами до 130 дБ;
- увеличен коэффициент подавления входного синфазного сигнала до 100 дБ;
- уменьшен коэффициент нелинейных искажений регистрирующего канала до 0,001%;
- обеспечена практически неограниченная длина регистрации сейсмического сигнала;
- обеспечено практически неограниченное количество накоплений сейсмического сигнала;
- увеличен объём регистрируемой информации в энергонезависимом ЗУ до 1 Гбайта;
- добавлен электронный коммутатор каналов, который обеспечивает работу станции в режиме ОГТ (96 каналов), а также делает возможной последовательную регистрацию продольных и поперечных волн с одной расстановки;
- установлен мощный микрокомпьютер Colibri T20 512MB IT, который не только обеспечивает работу сейсмостанции во всех режимах и отображение сейсмических данных и результатов тестирования на цветном дисплеи высокого разрешения, но и расширяет функциональные возможности по способам регистрации и накопления, предварительной обработки и оценки качества сейсмических данных непосредственно в поле;
- доработан узел синхронизации, который обеспечивает работу сейсмостанции со всеми наиболее распространенными системами синхронизациями взрывных и электромагнитных импульсных источников возбуждения сейсмических колебаний SGD-S, SGD-SP, Shot Pro II и Bom Box, а также системой синхронизации для источников типа «падающий

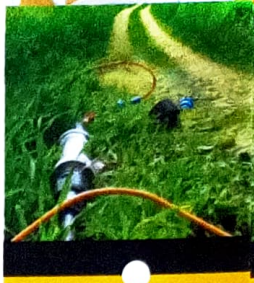


Таблица 9

	Наименование	Обозначение	Кол., шт.	Стоимость, руб.
1	**Сейсмостанция SGD-SMT2402 «TUNNEL»:**	**СГФП 851.00.00**	**1**	
1.1	Модуль бортовой SGD-SMT/CU	СГФП 852.00.00-01	1	
1.2	Программа обработки и интерпретации		1	
1.3	Звено полевых модулей SGD-SMT/LFU3 (4ПМ, 2 м)	СГФП 857.00.00-20	2	
1.4	Модуль регистрации и синхронизации SGD-SMT/RS	СГФП 860.00.00	1	
1.5	Система синхронизация SGD-SHC65 по кабелю	СГФП 235.00.00	1	
2	**Сейсмостанция SGD-SET96025 в составе:**	**СГФП 851.00.00-05**		
2.1	Модуль бортовой SGD-SMT/CU	СГФП 852.00.00	1	
2.2	Программа обработки и интерпретации ZondST2d		1	
2.3	Звено полевых модулей SGD-SET/LFU2 (12ПМ/2,5)	СГФП 453.00.00-25	4	
2.4	Система синхронизация SGD-SHC130 по кабелю	СГФП 235.00.00-01	1	
3	**Сейсмостанция SGD-SET12805 в составе:**	**СГФП 851.00.00-07**		
3.1	Модуль бортовой SGD-SMT/CU	СГФП 852.00.00	1	
3.2	Программа обработки и интерпретации ZondST2d		1	
3.3	Звено полевых модулей SGD-SET/LFU2 (8ПМ/5,0)	СГФП 453.00.00-50	8	
3.4	Система синхронизация SGD-SHC260 по кабелю	СГФП 235.00.00-02	1	
3.5	Блок аккумуляторных батарей SGD-B1220C	СГФП 212.00.00-02	1	

груз» и «кувалда» SGD-SHC (по кабелю), SGD-SHR (по радиоканалу) и т.п.

- снижена номинальная потребляемая мощность до 12 Вт (0.25 Вт/канал);
- уменьшен вес сейсмостанции с блоком аккумуляторных батарей в варианте 48 каналов до 8 кг (0.166 кг/канал);
- применены надёжные, быстро сочленяемые разъёмы байонетного типа;
- расширен диапазон рабочих температур до минус 30°С.

Инженерные телеметрические сейсмостанции SGD-SET и SGD-SMT24 «TUNNEL».

В мае 2007 года ООО НПК «СибГеофизПрибор» выпустило первый образец многоканальной телеметрической сейсмической станции SGD-SET на восемьдесят каналов регистрации. По результатам первых полевых работ была проведена корректировка конструкторской документации. В период с 2007 по 2011 годы продано семь сейсмостанций SGD-SET с общим количеством каналов 626 (ООО «ИНГЕОКОМ», ООО "Сибирская Геофизическая Служба", ОАО «Ленгипротранс» и ЗАО "ГеоИнТех"). Подробное описание состава, технических характеристик и принципов работы станции приведены в [3]. В настоящее время в России для малоглубинных исследова-

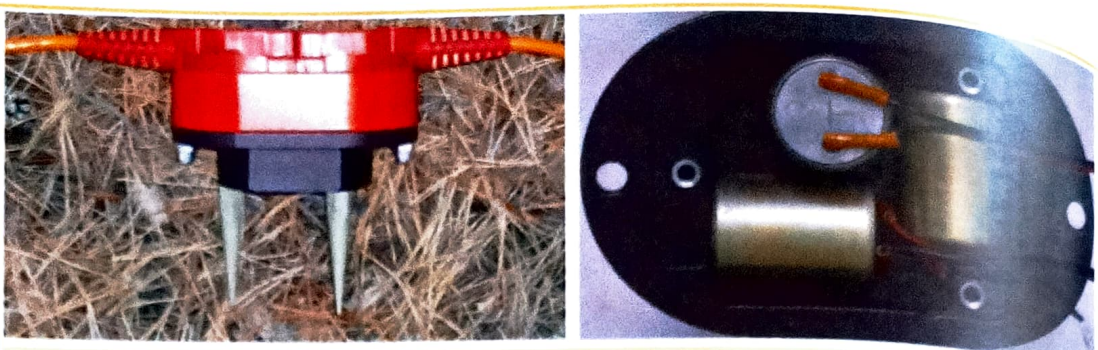


Рис. 3. Модуль полевой двух и трех канальный SGD-SET/FU2 в корпусе «ТРИПОД»



Рис. 4. Модуль полевой трехканальный SGD-SET/FU3 в корпусе «ГВОЗДЬ»

ний предлагаются телеметрические сейсмостанции SGD-SET (ООО НПК «СибГеофизПрибор») и «ТЕЛСС-3» (ООО «ГЕОСИГНАЛ»).

Новая версия сейсмостанции SGD-SET по основным техническим характеристикам практически не отличается от сейсмостанции ТЕЛСС-3, т.к. в полевых модулях обеих сейсмостанций используется один и тот же 32-х разрядный АЦП ADS1282 компании Texas Instruments (Burr-Brown). Отличие заключается только в том, что в полевые модули сейсмостанции SGD-SET - двухканальные со встроенными геофонами типа GS-20DX и GS-20DX-2B, что обеспечивает возможность одновременной регистрации продольных и поперечных волн сейсмического сигнала, а полевые модули сейсмостанции ТЕЛСС-3 – четырехканальные и подключение геофона осуществляется традиционным образом к аналого-цифровой сейсмической косе. Кроме того, центральный блок сбора и управления сейсмостанции ТЕЛСС-3 выполнен с использованием стандартного компьютера NoteBook, а в сейсмостанции SGD-SET он выполнен также как и в сейсмостанции SGD-SEL48B в виде специализированного блока на базе встраиваемого микрокомпьютера Colibri Xscale PXA310 624 MHz или Colibri T20 512MB IT. Какой подход практичней - решать производственникам. Аналогичные по назначению и основным техническим характеристикам сейсмостанции выпускают компании Seismic Instruments (SI), Inc. (USA) и Deutsche Montan Technologie (DMT) (Germany).

В настоящее время ООО НПК «СибГеофизПрибор» подготовило к выпуску два варианта исполнения новой сейсмостанции - SGD-SET и SGD-SMT24 «TUNNEL». Первая ориентирована на проведение геофизических работ на дневной поверхности с одновременной регистрацией продольной и поперечной составляющих сейсмического поля, а вторая – на проведение геофизических исследований в труднодоступных местах на дневной поверхности, в туннелях, взрывобезопасных шахтах и т.п. с одновременной трёхкомпонентной регистрацией сейсмического поля.

Полевой модуль сейсмостанции SGD-SMT «TUNNEL» имеет два конструктивных исполнения размещения встроенных геофонов – традиционный «трипод» и вариант с заглублением - «гвоздь». В качестве одного из вариантов исполнения возможна установка новых современных геофонов GS-One компании OYO Geospace (USA).

В таблице 9 приведены варианты состава и комплектности поставки различных по назначению сейсмических станций.



Таблица 10

Наименование параметра (характеристики)	Значение
Количество каналов регистрации	два/три
Тип встроенных геофонов	GS-20DX, GS-20DX-2B
Уровень собственных шумов регистрирующего канала, мкВ	0,08
Коэффициент предварительного усиления регистрирующего канала, Ku	1, 2, 4, 16, 32 и 64
Мгновенный динамический диапазон регистрации сигнала, дБ	130
Коэффициент подавления входного синфазного сигнала, дБ	100
Частотный диапазон регистрируемого сигнала (по уровню минус 3 дБ), Гц	0...103,206,4 13,826,1652
Период квантования регистрируемого сигнала , мс	4, 2, 1, 0.5 и 0.25
Коэффициент нелинейных искажений регистрирующего канала, %	0,0005
Количество разрядов АЦП	32
Интерфейс передачи данных	специальный
Скорость передачи данных и команд управления, кбит/сек	8192
Максимальная длина линии связи, м	100
Напряжение питания, В	10...48
Максимальная потребляемая мощность, Вт	0,4/0,45
Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 CEI 70-1 EN 60529)	IP67
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	минус 40 ...+70
Габаритные размеры в корпусе «трипод», мм	72•12•120 (140*)
Габаритные размеры в корпусе «гвоздь», мм	72•12•180 (200*)
Масса в корпусе «трипод» (два/три канала), кг	0,7/0,8
Масса в корпусе «гвоздь» (два/три канала), кг	0,8/0,9

Таблица 11

Наименование параметра (характеристики)	Значение
Максимальное количество каналов регистрации данных, при Т = 1 мс	672
Количество линий связи для подключения полевых модулей (ПМ)	4
Количество ПМ (два/три канала) подключаемых к одной линии связи	64/56
Интерфейс передачи данных	специальный
Скорость передачи данных и команд управления, кбит/сек	8192
Режим регистрации данных	непрерывный
управляющий микро-компьютер (микропроцессор)	Colibri T20 512MB IT
операционная система	LINUX
емкость оперативного ЗУ, МБайт	512
емкость энергонезависимого ЗУ типа NAND Flash для данных, МБайт	1024
емкость энергонезависимого ЗУ типа SD Card для данных, ГБайт	32
Разрешение цветного графического дисплея NL10276BC24-21F, точек	1024•768
Количество интерфейсов типа SD Card	2
Количество интерфейсов типа USB 2.0	1
Количество интерфейсов типа ETHERNET 10/100 Мбит/с	1
Количество клавиш специализированой шильд-клавиатуры	26
Система синхронизации взрывных источников	SGD-S,Shot-Proll, BomBox
Система синхронизации электромагнитных импульсных источников	SGD-SP
Система синхронизации источников типа «падающий груз», «кувалда»	SGD-SHC, SGD-SHR



• Батарея аккумуляторная герметизированная свинцово-кислотная	1
• Номинальное выходное напряжение аккумуляторной батареи, В	12
• Номинальная емкость аккумуляторной батареи, А•ч	8,5
• Продолжительность непрерывной работы от аккумуляторной батареи, ч	8
• Напряжение питания в режиме заряда от сети переменного тока, В	90...264
• Максимальная потребляемая мощность в режиме заряда, Вт	20
• Время заряда полностью разряженной аккумуляторной батареи, ч	12
• Номинальное выходное напряжение для питания полевых модулей, В	48 ± 0,5
• Максимальной выходной ток нагрузки для каждой линии связи, А	0,6
• Напряжение питания от внешнего источника постоянного тока, В	11 ... 15
• Максимальная потребляемая мощность от внешнего источника ток, Вт	120
• Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 CEI 70-1 EN 60529)	IP64
• Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	минус 30...+70
• Габаритные размеры, мм	340•295•152
• Масса, кг	8

Таблица 12

Наименование параметра (характеристики)	Значение
• Максимальное количество каналов регистрации данных, при Т = 1 мс	336
• Количество линий связи для подключения полевых модулей (ПМ)	2
• Количество ПМ (два/три канала) подключаемых к одной линии связи	64/56
• Интерфейс передачи данных	специальный
• Скорость передачи данных и команд управления, кбит/сек	8192
• Режим регистрации данных	непрерывный
• емкость оперативного ЗУ, МБайт	512
• Количество интерфейсов типа USB 2.0	1
• Количество интерфейсов типа ETHERNET 10/100 Мбит/с	1
• Система синхронизации взрывных источников	SGD-S,ShotProII, BomBox
• Система синхронизации электромагнитных импульсных источников	SGD-SP
• Система синхронизации источников типа «падающий груз», «кувалда»	SGD-SHC, SGD-SHR
• Батарея аккумуляторная герметизированная свинцово-кислотная	1
• Номинальное выходное напряжение аккумуляторной батареи, В	12
• Номинальная емкость аккумуляторной батареи, А•ч	8,5
• Продолжительность непрерывной работы от аккумуляторной батареи, ч	8
• Напряжение питания в режиме заряда от сети переменного тока, В	90...264
• Максимальная потребляемая мощность в режиме заряда, Вт	20
• Время заряда полностью разряженной аккумуляторной батареи, ч	12
• Номинальное выходное напряжение для питания полевых модулей, В	48 ± 0,5
• Максимальной выходной ток нагрузки для каждой линии связи, А	0,6
• Напряжение питания от внешнего источника постоянного тока, В	11 ... 15
• Максимальная потребляемая мощность от внешнего источника ток, Вт	60
• Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 CEI 70-1 EN 60529)	IP67
• Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	минус 40...+70
• Габаритные размеры, мм	270•246•12
• Масса, кг	



Первый вариант– это 24-х канальная телеметрическая сейсмостанция, которая состоит двух звеньев трехканальных полевых модулей по четыре модуля в каждом звене. Полевые модули устанавливаются на вертикальную стену тоннеля в направлении проходки с шагом 2 метра в два ряда. Шаг между рядами также два метра. Полевые модули подключаются к модулю регистрации и синхронизации SGD-SMT/RSU. К нему также подключается акселерометр SGD-SAH синхронизации источника возбуждения сейсмических колебаний (небольшая кувалда весом 1-1,5 кг). Модуль регистрации и синхронизации SGD-SMT/RSU соединен с бортовым модулем SGD-SMT/CU через ETHERNET интерфейс. В качестве бортового модуля может быть использован компьютер NoteBook в промышленном исполнении, который вынесен за пределы рабочей зоны тоннеля и шахты. Таким образом, осуществляется обследование на глубину проходки до 60 метров на предмет возможных неоднородностей (плывуны, вода и т.п.).

Второй вариант – это 96-ти канальная телеметрическая сейсмостанция, которая состоит из четырех звеньев двухканальных полевых модулей по 12 модулей в каждом звене. Звенья полевых модулей подключаются к двум входам бортового модуля SGD-SMT/CU по два звена на каждую линию. К нему подключается акселерометр SGD-SAH. Данная конфигурация может использоваться для исследования до глубины 30-40 метров. Длина профиля 120 метров, шаг между точками наблюдения 2,5 метра. Время непрерывной работы без дополнительного внешнего аккумулятора 4 часа.

Третий вариант – это 128-ми канальная телеметрическая сейсмостанция, которая состоит из восьми звеньев двухканальных полевых модулей по 12 модулей в каждом звене. Звенья полевых модулей подключаются к двум входам бортового модуля SGD-SMT/CU по два звена на каждую линию. К нему подключается акселерометр SGD-SAH. Данная конфигурация может использоваться для исследования до глубины 80-120 метров. Длина профиля 320 метров, шаг между точками наблюдения 5 метров. Время непрерывной работы с дополнительным внешним аккумулятором SGD-B1220C - 8 часов.

Способы синхронизации работы сейсмостанции с различного типа источниками возбуждения сейсмических колебаний, а также состав программного обеспечения для регистрации и тестирования такие же, как и для сейсмостанции SGD-SEL.

Программа обработки и интерпретации сейсмических данных для шахт и тоннелей, разработана в ФГБОУ ВПО "Уральский государственный горный университет" под руководством заведующего кафедрой геоинформатики Писецкого В. Б..

Основные технические данные полевого модуля SGD-SET/FU2 и SGD-SMT/FU3, бортового модуля SGD-SET/CU, модуля регистрации и синхронизации SGD-SMT/RSU приведены в таблицах 10, 11 и 12, соответственно.

В следующих номерах журнала мы расскажем о специализированных телеметрических сейсмических станциях:

- SGD-SMM «КРОТ», предназначенной для пассивной и активной сейсмической локации (мониторинга) горных массивов в подземных выработках горных предприятий (шахт и рудников) в целях оперативного текущего геомеханического контроля и прогноза развития опасных ситуаций;
- SGD-SHF «СПРУТ» - предназначена для исследования процесса гидроразрыва пласта;
- SGD-SMH «СПРУТ 2» - предназначена для регистрации микросейсмических сигналов на дневной поверхности при мониторинге процесса добычи углеводородов на континентальных месторождениях;
- SGD-SLM «ГНОМ» - портативная и малогабаритная сейсмостанция, предназначенная для микросейсмокаротажа,.

Литература

1. Федотов С.А., Федотов А.С. Основные преимущества сейсмической телеметрической системы «ТЕЛЕСС-3» при малоглубинных исследованиях. Приборы и системы разведочной геофизики, № 02/2012 г., г. Саратов
2. А.А. Харкевич А.А. Теория электроакустических преобразователей. Волновые процессы. Изд-во «Наука», М. 1973 г. Избранные труды в 3-х томах. Том 1.
3. Золотарев В.Н., Ревунов А. Б., Сыроватин Д.В., Черепанов В.П. Телеметрическая сейсморазведочная станция SGD-SET для инженерных геофизических исследований. Приборы и системы разведочной геофизики, № 03/2008 г., г. Саратов

Технология скважинной сейсмотомографии малых глубин

Ларин С.В., Горячев В.В., Бондаренко Д.Н., Бучарский Б.В.,
ООО «Ингеоком», г.Саратов

Специалистами ООО «Ингеоком» постоянно осваиваются и внедряются в состав применяемого комплекса геофизических исследований новые методики и технологии, предназначенные для эффективного решения задач инженерной геологии. Одной из новых осваиваемых технологий является метод сейсмического просвечивания (СП) в инженерно-геологических скважинах – скважинная сейсмотомография с регистрацией двух компонент (Vp и Vs).

Системы наблюдений в межскважинной сейсмотомографии играют ведущую роль для достоверного и детального решения задач инженерной геологии. Одно из основных условий, предъявляемых к системам наблюдения в межскважинной сейсмотомографии - это стремление к более полному по угловым координатам покрытию исследуемой области траекториями сейсмических лучей [1].

Конструктивно разработан и создан инструмент для реализации методики сейсмического просвечивания. Скважинный датчик-коса выполнен из герметичного пожарного рукава с герметично вмонтированными в него геофонами с интервалом 1 м. Для регистрации вертикальной компоненты упругого поля используются геофоны SF-20DX, горизонтальной - геофоны GS-20DX. Контакт-прижим геофонов к стенкам необсаженной скважины (пункта приема) осуществляется после спуска-погружения косы в скважину на глубину исследуемого интервала геологического разреза за счет заполнения пожарного рукава сжатым воздухом от компактного(автомобильного) компрессора (Рис.1).

Возбуждение упругих волн производится в скважине (пункт возбуждения), удаленной на расстояние исследуемого межскважинного пространства от скважины пункта приема, с использованием пневмоудорника (пневмопушка, разработка ООО «Пульс» г.Геленджик) с поинтервальным точечным ударом пневмопушки в диапазоне исследуемых глубин (шаг между ПВ =1 м).

В зависимости от решаемых задач и требуемой детальности изучения, в межскважинной сейсмотомографии применяются различные системы наблюдений. В методе сейсмопросвечивания (СП) [2] используется встречная веерная система наблюдений: приёмный датчик-коса помещается по всему исследуемому интервалу глубин (от забоя до устья скважин) с заданным шагом (шаг приёма) при точечной фиксации положения источника упругих колебаний ПВ в скважине ПВ с тем же шагом. Такие наблюдения повторяются для различных положений источника, который перемещается с выбранным шагом (шаг возбуждения). Практикуется также смена скважин возбуждения и приёма (Рис.2). Технологический цикл при этом повторяется. В результате получается серия вертикальных волновых полей, соответствующая сетке лучей, равномерно покрывающих исследуемое межскважинное пространство (Рис. 3).

Разрабатываемая в ООО «Ингеоком» технология предусматривает последовательное перемещение скважинного ударного источника (пневмопушки) по стволу скважины (ПВ) с заданным шагом при фиксированном положении датчика-косы (ПП). При смене скважин возбуждения и приема технологический цикл повторяется. В результате получается серия вертикальных волновых полей, соответствующая сетке лучей, равномерно покрывающей исследуемое межскважинное пространство.

В используемых трансформациях для решения ряда задач в межскважин-



Рис.1. Конструкция скважинной косы для сейсмотомографии

ных зонах реализованы [1] следующие возможности:

- асчет отношения Vp/Vs;
- асчет модуля всестороннего сжатия K;
- асчет модуля Юнга E;
- асчет коэффициента Пуассона;

Необходимая для расчетов упругих параметров плотность определяется по абсолютной величине, как половина значения скорости Р-волн в текущей ячейке.

Каждому инженерно-геологическому элементу (ИГЭ) соответствует некоторый диапазон скоростей упругих волн, который определяется, в том числе, по результатам анализа кернового материала, извлеченного из пробуренных скважин, и по результатам проведенных в этих скважинах исследований

На основе полученных соответствий между ИГЭ и скоростями упругих волн выполняется построение геолого-геофизических разрезов до глубин, на которых имеются достоверные определения значений скоростей упругих волн. По каждой заданной точке линии разреза в плане определяется значение скорости продольной волны. Отметки границ между выделенными ИГЭ определяются с помощью интерполяции. Таким образом, получают представление о детальном строении разреза исследуемого участка при малом количестве пробуренных скважин [2].

С применением комплекса новых методов геофизики повышается эффективность инженерно-геологических исследований на стадии разработки проектной документации объектов промышленного строительства, разработки месторождений полезных ископаемых. Скважинная сейсмотомография совместно с данными бурения скважин, избирательного отбора и изучения керна, обеспечивает более полное, детальное и достоверное изучение геологической среды, геологических процессов и явлений в верхней части разреза и прогнозирование последствий техногенного вмешательства [1] Метод скважинной сейсмотомографии давно широко применяется для детального изучения разреза в районах развития карстовых и суффозионных процессов [2].

В настоящее время разрабатываемая технология скважинной сейсмотомографии проходит опытное опробование на инженерно-геологическом полигоне ООО «Ингеоком».

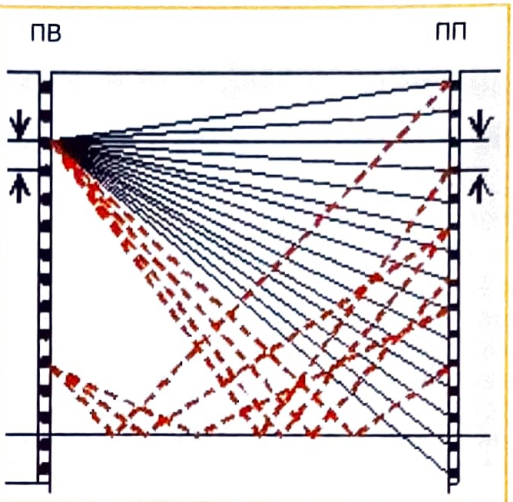


Рис. 2 Системы наблюдений в методе СП (поА.Г.Болгарову, Ю.В.Рослову): сплошные линии - прямые волны; пунктирные - отраженные волны

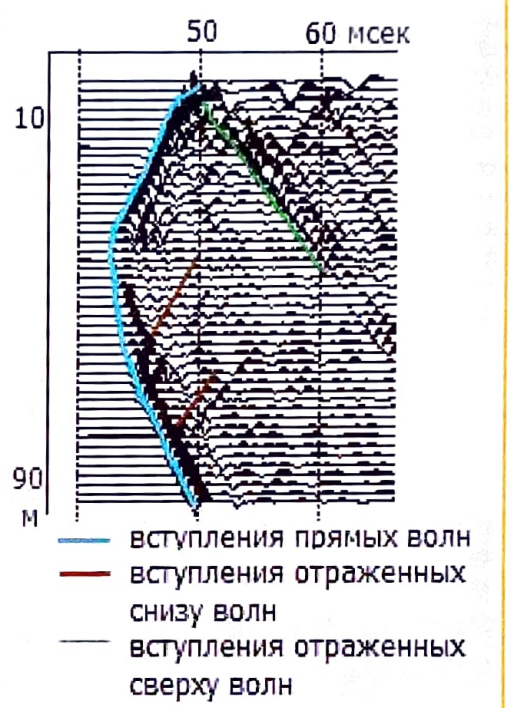


Рис. 3 Пример полевой сейсмограммы ОПВ (поА.Г.Болгарову, Ю.В.Рослову)

Литература

1. А.Г. Меховников Принципы применения сейсмотомографии и обработка ее результатов при инженерно-геологических изысканиях // УГГУ, ИГиГ, ГИН Екатеринбург. 2005

2. А. Г. Болгаров Ю. В. Рослов Межскважинная сейсмическая томография для решения инженерно-геологических задач// ОАО НПП ВНИИГИС, Октябрьский. ФГУ НПП "Севморгео", Санкт-Петербург//Доклад на симпозиуме «Неделя горняка-2008»



Влияние нестационарности теллурического поля на результат измерения параметра поляризуемости при работе методом ВП ЕЭМПЗ

Потылицын В.С., Шайдуров Г. Я., Сибирский Федеральный Университет, г. Новосибирск

В электроразведке полиметаллических руд широкое распространение получил метод вызванной поляризации (ВП), заключающийся в возбуждении геологического разреза импульсным током с помощью заземленной линии и регистрации переходной характеристики электрического поля с использованием перемещающейся вдоль профиля наблюдений приемной линии.

Физической основой метода ВП является заряд границы раздела рудного тела с ионно-проводящей средой. Проходящий через среду поляризующий ток заряжает границу раздела, а на поверхности Земли помощью заземленных электрических диполей регистрируется потенциал разряда.

Однако применение метода ВП в горно-таежной местности осложняется необходимостью использования достаточно мощных источников поляризующего тока порядка 100 - 10000 Вт и раскладки по профилю наблюдений длинной питающей линии (1-3км), что обуславливает большие трудозатраты и стоимость работ. В [1] описан дифференциальный алгоритм извлечения информации ВП из поля ЕЭМПЗ (естественного электромагнитного поля Земли).

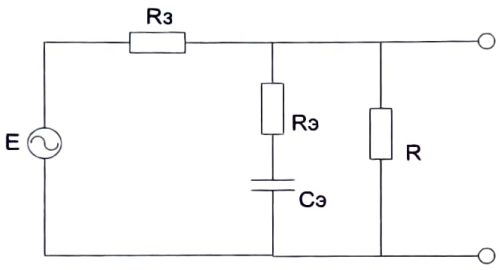


Рис. 1. Электрическая модель геологического разреза

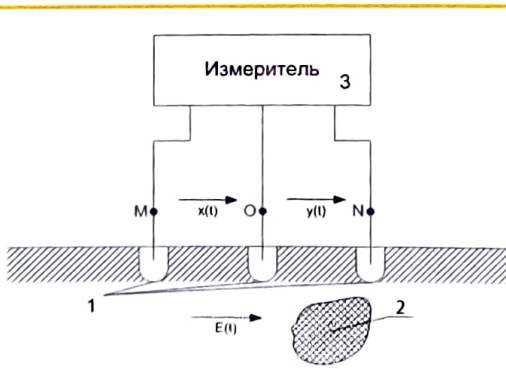


Рис. 2. Схема поисковой установки:
1 – неполяризующиеся электроды, 2 – рудное тело, 3 – измерительный прибор.
E(t) – поляризующее поле

В [2, 3] изложены основы корреляционного метода извлечения информации ВП из естественного электромагнитного поля земли (ВП ЕЭМПЗ), который позволяет также исключить из работы питающую линию и возбуждающий генератор импульсов тока. При этом потенциал ВП выделяется путем обработки сигналов теллурического тока Земли в диапазоне частот 0-20 Гц.

Одной из основных проблем выделения потенциала ВП из поля ЕЭМПЗ является нестационарность этого поля по времени, спектру, амплитуды и т. п.

В дифференциальной установке указанная нестационарность минимизируется, поскольку размер приемных диполей MO, NO существенно меньше длины используемой волны и первичное поляризующие поле теллурического тока на приемных линиях может отличаться только по амплитуде за счет разброса кажущегося сопротивления георазреза.

Появление в георазрезе рудного тела изменяет спектральный состав ЕЭМПЗ, вносит дополнительный фазовый сдвиг в наблюдаемый сигнал, что в итоге приводит к изменению разности амплитуд шумовых сигналов, снимаемых с приемных электродов.

Остаточная разность амплитуд несет информацию о совместном фазовом сдвиге всех гармоник сигналов, снимаемых со смежных диполей MO и ON.

Ниже приводяться результаты модельных исследований по влиянию дополнительных импульсных помех, накладываемых на исходный шумовой сигнал в дифференциальной установке.

Симметричная трёхэлектродная электрическая линия MON, перемещаемая вдоль профиля наблюдений, является источником разностного сиг-

нала. Информация о ВП содержится в величине относительной дисперсии разности сигналов, полученных с двух смежных приемных линий.

Для анализа использовалась математическая модель, представленная на рис. 1, где цепочка Rэ, Сэ – имитирует двойной электрический слой на границе раздела электронный проводник – ионопроводящая среда.

На рис. 2 приведена схема поисковой установки.

Передаточная функция электрической модели, представленной на рис. 1, имеет вид:

$$K(s)=\frac{1+s\cdot\tau_{\dot{y}}}{2(1+s\cdot\tau_{\dot{y}})+s\cdot T}, \quad (1)$$

где s – комплексная частота, $\tau_{\dot{y}}=C_{\dot{y}}\cdot R_{\dot{y}}$, $T=C_{\dot{y}}\cdot R$

В первом варианте исследование схемы рис. 3 проводилось в отсутствии поляризующей цепи RэСэ.

На входы MO и NO относительно точки O подавался один и тот же шумовой сигнал, что позволяло взаимно компенсировать его на входе канальных усилителей.

В качестве параметра ВП использовалось соотношение:

$$\eta=\frac{\int_0^T\left(x(t)-\dot{k}\cdot y(t)\right)^2 dt}{\delta_x^2}=\frac{\delta_{x-y}^2}{\delta_x^2}, \quad (2)$$

где δ_{x-y}^2 - дисперсия разностного сигнала, δ_x^2 - дисперсия сигнала $x(t)$, $\dot{k}$ – подстраиваемый от микроконтроллера коэффициент компенсации

Заметим, что физической основой алгоритма (2) является появление разности амплитуд подаваемых сигналов $x(t)$ и $y(t)$ в случае добавления к одному из них фазового сдвига за счет инерционной цепочки RэСэ. В отсутствии этого фазового сдвига, появляющегося за счет эффекта ВП, разность этих сигналов стремиться к 0 независимо от их формы.

$$\int_0^T\left(x(t)-\dot{k}\cdot y(t)\right)^2 dt\to 0. \quad (3)$$

Добавление к сигналу исходного шумового поля ЕЭМПЗ какого-либо другого случайного сигнала – импульсного, узкополосного и т. д. (в дальнейшем "помехи"), имитировало нестационарность исходного поля, а измерение параметра η соответственно позволяло оценить влияние нестационарности поляризующего шумового поля на результат измерений.

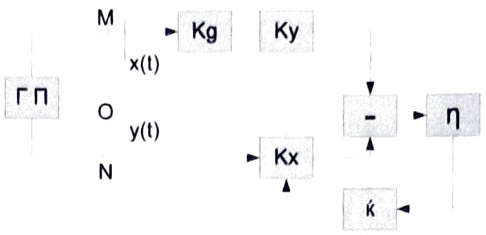


Рис. 3. Структурная схема измерений Ky и Kx передаточные характеристики тракта MO и ON, Kg – передаточная характеристика имитатора рудного тела, , – подстроечный коэффициент. Гп – генератор шумового поля и помех

Условие $\delta_{(x-ky)}^2\to\min$ реализовывалось при помощи автоматической оптимизации коэффициента ќ на основе метода Пауэлла.

Далее приводятся зависимости коэффициента η от изменения длительности мешающего импульса.

Наболее интересным представляется случай, когда "помеха" присутствует в обоих каналах, но имеются небольшие отклонения либо по амплитуде, либо по времени задержки или по длительности импульса.

На рис. 4 приведена зависимость коэффициента η от длительности видеоимпульса, добавленного во второй канал, при различных соотношениях сигнал/помеха (q_X, q_Y). В первый канал добавлен видеоимпульс длительностью 1 с.

Как видно из графика, при подаче импульсов одинаковой длительности в каналы, наблюдаемый коэфициент η равен 0. С увеличением длительности мешающего импульса в одном из каналов относительно длительности импульса второго канала, наблюдаемый коэфициент η возрастает пропорционально изменению длительности импульса.

С уменьшением соотношения сигнал/помеха изменение длительности импулса вносит больший вклад в наблюдаемый коэфициент .

Как видно из графика, изменение длительности импульса слабо влияет на конечный коэффицент , потому что даже в худшем случае, когда амплитуда помехи в 3 раза больше исходного шумового сигнала и при значении коэффициента $\eta=0{,}1$, длительность импульса должна быть в 3 раза больше.

На рис. 5 приведена зависимость коэффициента от амплитуды импульсной помехи при различных соотношениях сигнал/шум. В первый

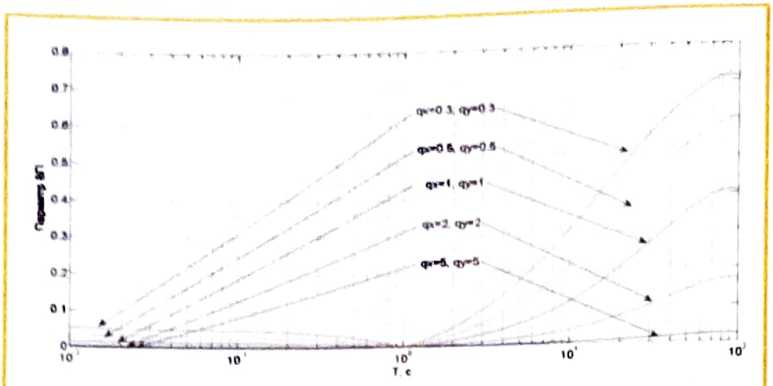


Рис. 4. Зависимость коэффициента η от длительности видеоимпульса при различных соотношения сигнал /помеха

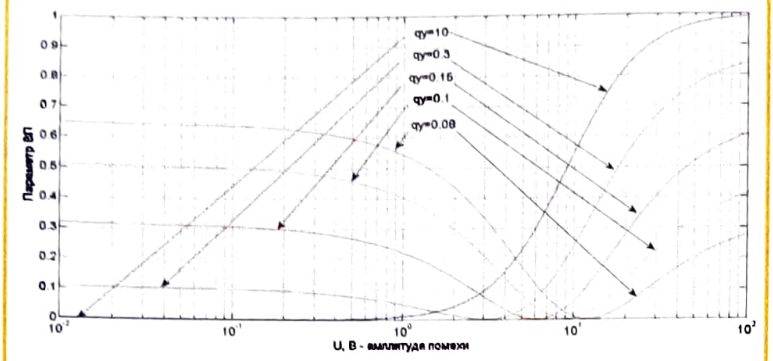


Рис 5. Зависимость коэффициента поляризации η от соотношения сигнал/шум

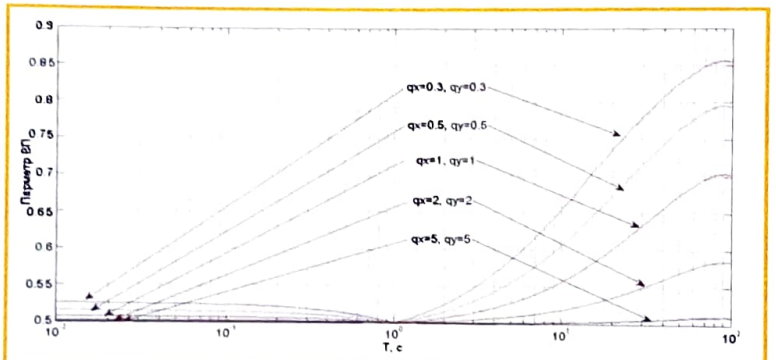


Рис 6. Зависимость коэффициента η от длительности видеоимпульса при различных соотношениях сигнал-помеха с учетом наличия инерционной цепочки RэCэ

канал добавлен видеоимпульс длительностью 1с.

Как видно из графика, изменение амплитуды импульса влияет на измеряемый коэффицент. В среднем для достижения η=0.1, значения разности амплитуд помехи в разных каналах должны отличаться в 2-3 раза, при том что соотношение сигнал/шум < 1. При значениях сигнал/шум >> 1 влияние данных изменений можно считать пренебрежительно малым.

Во втором варианте исследования проводились при наличии иммитатора эффекта ВП, то есть с учетом наличия в модели рис. 1 инерциальной цепочки с постоянной времени RэCэ= 0,07 с.

Как видно из рис. 6 инерциальная цепочка RэCэ внесла дополнительный сдвиг по фазе, что привело к увеличению коэффициента до значения 0.5. Во всем же остальном данные кривые полностью повторяют кривые рис. 4, что означает, что нестационарность поляризующего поля не влияет на результат измерений ВП – параметра .

Из приведенных выше графиков можно сделать следующие выводы:

- В дифференциальной установке влияние импульсных помех будет тем сильнее, чем больше длина измерительных линий MO и ON;
- Основной вклад в ошибку измерений вносит разница по амплитуде помех в смежных каналах .
- Для выделения аномалий ВП принципиально возможно использование любых видов шумовых сигналов, в том числе импульсных и узкополосных помех.

Литература

1. Г. Я Шайдуров, Ю. Н. Козлов, Я. В. Маркушин. Дифференциальный метод извлечения информации о потенциалах ВП из ЕЭМПЗ, Геофизическая аппаратура. Л. Недра 1991, с. 35-42.
2. Н. А. Борисов, Г. Я. Шайдуров об использовании электромагнитных естественных полей для выделения потенциалов вызванной поляризации. Сб. трудов ВИТР, 1972, №81, с 50-55.
3. А. Н. Борисов, Н. П. Воробьев, Г. Я Шайдуров. Корреляционное электроразведочное устройство, Авторское свидетельство 84682 от 14.04 1979.

Электроразведочная аппаратура «БИКС»

Беляев В.Л., Вейхт Б.А., Ливеровский И.Г., ОАО «СКБ СП», г. Саратов

В последнее время полевые измерения электрического поля с использованием незаземленных приемных линий получают все большее распространение.

Использование такой методики измерений при решении геологических задач методами электропрофилирования вполне оправдано в случае плохих условий для заземлений: мерзлый грунт, снежный и ледяной покров, асфальт, бетон и т.д.

В настоящее время в ОАО «СКБ СП» завершается разработка электроразведочной аппаратуры «БИКС» ("Бесконтактный измеритель кажущегося сопротивления"), предназначенной для ускоренного электропрофилирования (ЭП) и проведения электрического зондирования (ЭЗ) с использованием дипольных емкостных линий.

Аппаратура рассчитана на работу с осевой измерительной установкой. Приемная и питающие линии при этом являются равновеликими.

Аппаратура позволяет решать детальные инженерно-геологические и экологические задачи при глубине исследований несколько десятков метров.

Особенностью аппаратуры является простота в эксплуатации, возможность работы в широком температурном диапазоне, отсутствие необходимости калибровки аппаратуры в процессе работы, задание параметров и считывание данных с блоков с помощью пульта управления по радиоканалу.

Комплект аппаратуры включает два полевых блока– излучатель и приемник, пульт управления, блок зарядного устройства, комплекты емкостных шлейфов излучателя и приёмника с длинами 2.5м и 5м.

На рисунке 1 представлены полевые блоки аппаратуры «БИКС».

Полевые блоки выполнены в однотипных ударопрочных герметичных кейсах. У излучателя цвет корпуса чёрный, у приёмника – жёлтый. Для подключения емкостных шлейфов к блокам используются удобные в эксплуатации байонетные сейсмические разъёмы.

На крышках блоков с левой стороны имеется кнопка включения/выключения питания и индикатор включенного состояния блока. Цвет свечения светодиода определяется напряжением аккумуляторных батарей: зелёный цвет – напряжение в норме, красный- напряжение ниже нормы.

С правой стороны излучателя имеется кнопка для задания уровня выходного тока: 1 мА, 3 мА или 10 мА. Для индикации заданного тока имеются три светодиода. Цвет свечения светодиодов определяется наличием стабилизации выходного тока блока: зелёный цвет – заданный уровень тока застабилизирован, красный- стабилизация отсутствует. Точность стабилизации выходного тока излучателя не менее ±3%.

При возникновении нештатной ситуации помимо светодиодной индикации в блоках предусмотрена звуковая сигнализация.

В полевых блоках аппаратуры «БИКС» используются аккумуляторные батареи большой ёмкости (10 А/ч), что позволяет непрерывно работать без подзарядки аккумуляторов, как минимум, два рабочих дня.

Для задания режима работы аппаратуры, задания параметров измерительной установки, отображения результатов измерения, для записи зарегистрированных данных в энергонезависимую память используется пульт управления. Связь пульта управления с блоками осуществляется по радиоканалу с помощью размещённых в блоках и пульте радиомодемов. Отображение информации производится на индикаторе пульта. Управление пультом производится с помощью клавиатуры. Фиксация результата измерения производится отдельной кнопкой пульта.

При работе в режиме электропрофилирования с пульта задаются номер профиля, номер пикета, значение приращения номера пикета, разнос и длина диполя. По заданным значениям разноса и длины диполя производится расчёт коэффициента установки и после проведения измерения рассчитывается значение кажуще-



Рис.1. Полевые блоки с комплектом 5-метровых емкостных шлейфов.2003-2012 годы



гося сопротивления. Результат измерения отображается на дисплее пульта, а также записывается в память вместе с параметрами данного измерения. По окончании измерения происходит автоматическая смена номера пикета. После перемещения установки на новый пикет производится новое измерение.

При работе в режиме электрического зондирования с пульта задаются номер профиля, номер пикета, разнос и длина диполя. Далее аналогичным образом производится расчёт коэффициента установки и после проведения измерения рассчитывается значение кажущегося сопротивления. Результат измерения отображается на дисплее пульта, а также записывается в память вместе с параметрами данного измерения. По окончании измерения происходит автоматическая смена величины разноса. После соответствующего перемещения приёмника относительно излучателя производится новое измерение.

В аппаратуре «БИКС» предусмотрен также режим мониторинга, при котором происходит автоматическая регистрация через заданный интервал времени. Значение интервала выбирается из ряда: 2; 5; 10; 20; 30; 40; 50; 60 секунд. Остановка цикла измерений осуществляется оператором. По окончании цикла происходит приращение номера пикета.

Аппаратура рассчитана на работу с диполями длиной 1,25 м, 2,5 м, 5 м и 10 м. Значение разноса (точнее отношение величины разноса к длине диполя) может быть задано от 3 до 50 с шагом равным 1.

Программное обеспечение, поставляемое вместе с аппаратурой «БИКС», предназначено для считывания зарегистрированных данных из пульта управления в компьютер и позволяет производить просмотр и оценку качества полевого материала на мониторе компьютера. После просмотра и оценки качества полевого материала, зарегистрированные данные можно сохранить в форматах текстового (*.txt) редактора, совместимого с табличным Excel (*.xls) редактором.

В аппаратуре «БИКС» предусмотрена возможность загрузки с компьютера новых версий программного обеспечения как в пульт управления, так и в блоки излучателя и приёмника. Это позволяет разработчикам аппаратуры по просьбе потребителей изменять методики работы с аппаратурой или дополнять их новыми.

В состав аппаратуры входит зарядное устройство, позволяющее заряжать одновременно все аккумуляторные батареи устройства.

Основные технические характеристики аппаратуры приведены ниже.

Основные технические характеристики аппаратуры

Параметры излучателя	
Рабочая частота, кГц	16,6±0,2;
Амплитудные значения выходного тока, мА	1; 3; 10; 30*
Точность стабилизации выходного тока, %, не менее	±3;
Предельные значения нагрузок, пФ, не менее:	
- при выходном токе 1 и 3 мА	100;
- при выходном токе 10 мА	200;
Питание	аккумуляторное внутреннее
Номинальное напряжение питания	14,8 В;
Диапазон рабочих температур, оС	-40ч+70;
Габариты, мм, не более	330 x 200 x 120;
Масса блока, кг, не более	2,3.
Параметры приёмника	
Рабочая частота, кГц	16,6±0,2;
Полоса пропускания, Гц ,не более	20;
Максимальный входной сигнал, В, ампл., не менее	2;
Шум при короткозамкнутом входе, мкВ, не более	0,8;
Питание	аккумуляторное внутреннее
Номинальное напряжение питания	7,4 В;
Габариты, мм, не более	330 x 200 x 120;
Масса блока, кг, не более	1,8;
Параметры пульта управления	
Рабочая частота радиомодема	433 МГц;
Мощность радиомодема	10 мВт;
Объем энергонезависимой памяти оперативного запоминающего устройства, не менее	16000 измерений
Питание	аккумуляторное внутреннее
Номинальное напряжение питания	3,7 В;
Диапазон рабочих температур, оС	-40ч+70;
Габариты, мм, не более	135 x 76 x 32;
Масса блока, г, не более	250.

* 30 мА – находится в стадии проработки.

Результаты геофизических исследований играют существенную роль в процессе геологоразведочных работ при поисках, разведке, разработке и эксплуатации месторождений нефти и газа. Все важнейшие геологические выводы и решения принимаются, в большинстве случаев, на основании данных геофизических исследований по наземным и скважинным работам. В связи с этим, достоверность геологоразведочных работ в прямой степени зависит от качества и достоверности данных геофизических исследований.

Качество и достоверность данных геофизических исследований скважин в значительной степени зависят от выполнения технологии производства работ и требований нормативных методических документов. Приводятся примеры нарушения технологии проведения скважинных исследований, в частности, метрологии (калибровки) аппаратуры, что приводит к внесению ошибок в замеры этой аппаратурой. Наблюдается регистрация данных ГИС с ошибками, значительно превышающими допустимые, и ряд других нарушений, что приводит к ухудшению качества получаемых материалов ГИС и, следовательно, к ухудшению эффективности результатов исследований. Предлагаются пути повышения качества, основным из которых является организация системного контроля за качеством материалов ГИС как со стороны исполнителя, так и со стороны заказчика и потребителя геофизических исследований путём организации супервайзерских работ.

Проблемы качества и достоверности результатов геофизических исследований на нефть и газ

Дамаскин А.А. , ОЕАГО, г. Тюмень,
Ефимов В. А., ООО «СургутНИПИнефть» ТО, г. Сургут

Результаты геофизических исследований играют существенную роль в процессе геологоразведочных работ при поисках, разведке, разработке и эксплуатации месторождений нефти и газа. Все важнейшие геологические выводы и решения принимаются, в большинстве случаев, на основании данных геофизических исследований по наземным и скважинным работам. В связи с этим, достоверность геологоразведочных работ в прямой степени зависит от качества и достоверности данных геофизических исследований.

Технологию производства геофизических исследований и требования к их качеству регламентируют существующие нормативные, методические и технические документы:

1. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ приборами на кабеле в нефтяных и газовых скважинах (ТИ), Москва 2002г. (РД 153-39.0-072-01);

2. ПРАВИЛА геофизических исследований и работ (в дальнейшем ПРАВИЛА) в нефтяных и газовых скважинах. Москва 1999г. (Утверждены совместным приказом Министерства топлива и энергетики России и Министерством природных ресурсов России от 28 декабря 1999 года № 445/323);

3. Технические документы на эксплуатацию применяемой аппаратуры и методические рекомендации по технологии производства работ, обработке и интерпретации результатов исследований.

Указанные нормативные и методические документы, в ряде случаев не отражают современный уровень производства работ, в связи с чем, некоторые специалисты предлагают игнорировать требования ТИ. Считаем такой подход недопустимым. Выполнение требований ТИ позволяет получать качественные и достоверные результаты исследований. Имеется ряд расхождений между требованиями к производству работ в инструкции по эксплуатации аппаратуры и требованиями в ТИ. Так нам не понятно, почему при цифровой регистрации не нужно проводить для контроля достоверности выполненных исследований полевую калибровку. Цифровая регистрация не может заменить полевую калибровку, а значит снижается контроль за достоверностью результатов работ. Следует на уровне совещания ведущих специалистов и авторов нормативных документов оговорить все проблемные вопросы методики ведения геофизических исследований.

Эффективность и достоверность скважинных исследований и работ определяются выполнением необходимого комплекса методов ГИС и качеством регистрации геофизических данных в соответствии с действующи-



ми нормативными документами (НД). Требуемый комплекс геофизических методов исследований определяется ПРАВИЛАМИ (раздел 3) и особенностями геологического строения изучаемого разреза. Для этого ПРАВИЛА предусматривают включение в проекты на геологоразведочные работы раздела «Геофизические исследования и работы в скважинах». В этом разделе обосновывается необходимый комплекс исследований и соответствующая технология проведения работ, а также методы и способы обработки и интерпретации результатов исследований с целью удовлетворения требований обеспечения определения подсчётных параметров с достоверностью, регламентируемой нормативной документацией. Такой раздел в проектах практически отсутствует, что снижает возможности ГИС. В результате, исполнители и заказчики работ по ГИС допускают невыполнение как запроектированного комплекса методов исследований скважин, так и новейших методов и технологий по изучению разреза скважин, что снижает эффективность геофизических работ.

Геофизические исследования базируются на физических измерениях, которые производятся с той или иной ошибкой. Каждый параметр, определяемый по данным геофизических исследований, так же имеет величину ошибки, с которой он определен. Ошибка может быть большой или маленькой, допустимой или недопустимой (ТИ). При использовании данных геофизических исследований потребителям необходимо знать и учитывать эту ошибку. Исполнители геофизических исследований должны предоставлять заказчикам (пользователям) данные о качестве, в том числе и величины ошибок результатов исследований, а также все материалы, необходимые для оценки качества и точности результатов исследований. На практике, в большинстве случаев все эти данные с материалами ГИС не предоставляются и пользователь не знает и не может оценить качество используемых результатов исследований.

Точность и достоверность результатов геофизических исследований определяются, кроме выполняемых стандартных технических и методических норм ведения работ, ещё и экономической возможностью и целесообразностью. В целом ряде случаев в сложных объектах исследования, где объективная точность определения искомых параметров очень низкая, её можно повысить, применив дополнительные методические приёмы производства измерений и обработки данных, что повышает стоимость работ. Целесообразность таких дополнительных затрат должны решать совместно Заказчик и Исполнитель работ.

Производство геофизических работ - процесс, предусматривающий целую серию технологических операций, обеспечивающих выполнение требований технологии производства работ и, соответственно, требуемый уровень качества и достоверности результатов исследований. Невыполнение или некачественное выполнение отдельных операций при производстве работ снижает качество. Это приводит в ряде случаев к «браку» получаемых результатов, т.е. к невозможности использования результатов для количественной интерпретации, для определения геологических параметров с требуемой (допустимой) точностью, но для расчленения и корреляции разреза и для решения ряда других технических задач эти материалы могу быть использованы.

Одним из основных организационных недостатков при использовании скважинных исследований является полное или частичное отсутствие данных, необходимых для оценки качества представляемых пользователю результатов исследований, что не позволяет установить истинное качество обрабатываемых материалов. Это является нарушением требований Технической Инструкции. Данные калибровки аппаратуры часто отсутствуют, а в табличной форме с описанием методики проведения они вообще не предоставляются. Зачастую отсутствуют контрольные и повторные замеры, а величина полученной ошибки при сопоставлении замеров основной и повторной записи не предоставляется, отсутствуют данные о технологии проведения исследований. Не предоставляется файл-протокол выполненных работ, что не даёт возможность проверить работу оператора. Не предоставляется также ряд других данных, предусмотренных в объёме требований Технической Инструкции (1). Заказчики (недропользователи) геофизических исследований и работ в

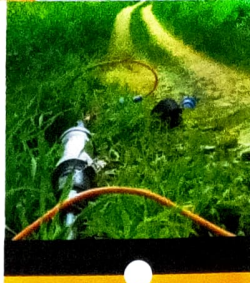


Таблица №1

№ п/п	Метод исследования	Допустимая величина отн. расхождений %, (№ п. ТИ)	Относительное расхождение в % при различных толщинах пластов (м.)			
			10	3	2	1
1	ПС	5	-1,0 ± +2,3	-2,2 ± +7,0	2,8 ± +11,9	-4,0 ± +14,2
2	БКЗ	20 (14.3.5.2)	-0,7 ± +0,2	-1,6 ± +1,6	-2,2 ± +1,7	-2,8 ± +1,9
3	БК	20 (14.3.5.2)	-1,5 ± +1,2	-4,5 ± +3,7	-6,7 ± +5,4	-11,7 ± +9,7
4	ИК	20 (14.9.5.4)	-0,7 ± +0,9	-2,9 ± +1,4	-3,6 ± +1,9	-3,8 ± +2,2
5	АК	3 (16.1.6.3)	-0,4 ± +0,3	-1,2 ± +0,6	-1,6 ± +0,8	-2,0 ± +1,6
6	ГК	5 (15.2.4.1)	-0,8 ± +6,8	-4,6 ± +9,8	6,8 ± +11,6	14,1 ± +14,7
7	ННК	3 (15.4.5.1)	-2,6 ± +3,2	-6,2 ± +6,4	10,6 ± +7,1	17,1 ± +10,0
8	W		-6.0 ± +2.7	-9.1 ± +5.9	12.8 ± +8.8	18.0 ± +14.0
9	ГГК-П	3 (15.7.4.1)	-0.7 ± +0.9	-1.3 ± +3.1	-1.6 ± +3.6	-2.5 ± +5.5

скважинах (ГИРС), согласно ПРАВИЛАМ (раздел 4, пп 20.1 и 20.8), несут полную ответственность за качество и полноту получаемых от исполнителей результатов ГИРС (они подписывают акт выполненных работ и оплачивают эти работы). Недропользователи не требуют от исполнителя ГИРС предоставление всех необходимых данных по выполненному объёму геофизических работ и предоставляют пользователям некондиционные материалы ГИРС, что снижает качество и достоверность результатов работ.

Одной из основных технологических операций при производстве геофизических исследований скважин (ГИС) является подготовка оборудования и настройка аппаратуры, метрологический контроль-калибровка. Эти операции позволяют выявить некачественно работающие приборы и, при необходимости, своевременно внести поправки в показания используемой аппаратуры за счёт изменения чувствительности электронной схемы. Из опыта работ метрологический контроль в целом ряде случаев проводится с нарушением нормативных сроков и методики проведения, что приводит к повышению ошибки измерений. Так, в ряде случаев, из-за использования формул для оценки ошибки при калибровке прибора НК, взятых из инструкции по эксплуатации, исполнитель вычисляет допустимую ошибку 29%, а фактическую получает ошибку 15% и прибор признаётся пригодным для эксплуатация. И это при том, что нормативно-допустимая погрешность составляет 3%. Регистра-

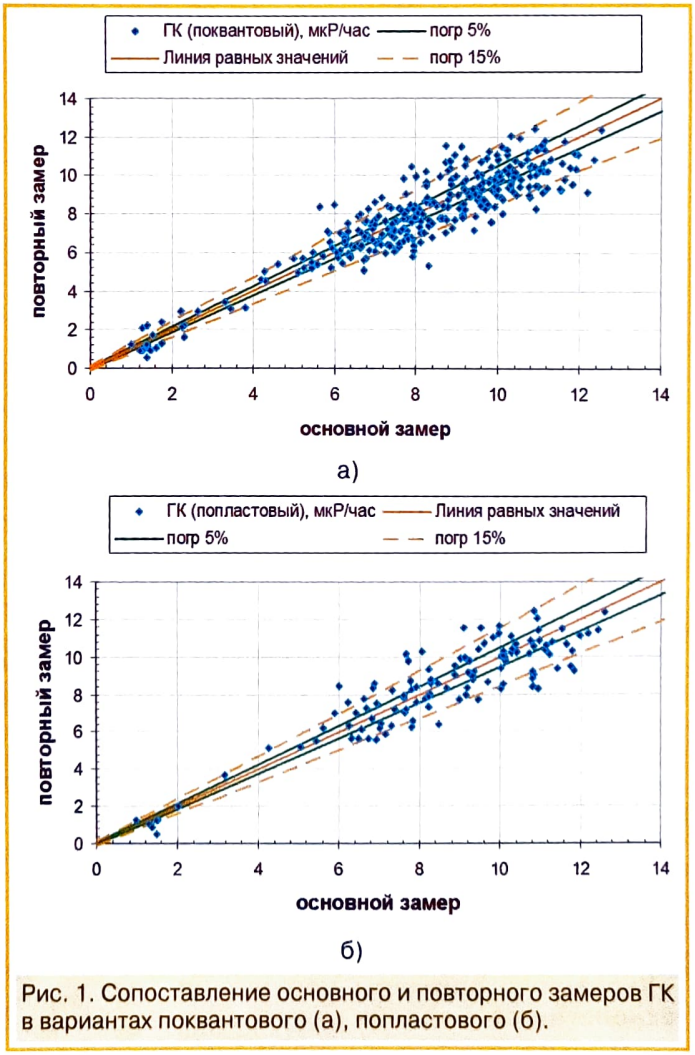


Рис. 1. Сопоставление основного и повторного замеров ГК в вариантах поквантового (а), попластового (б).

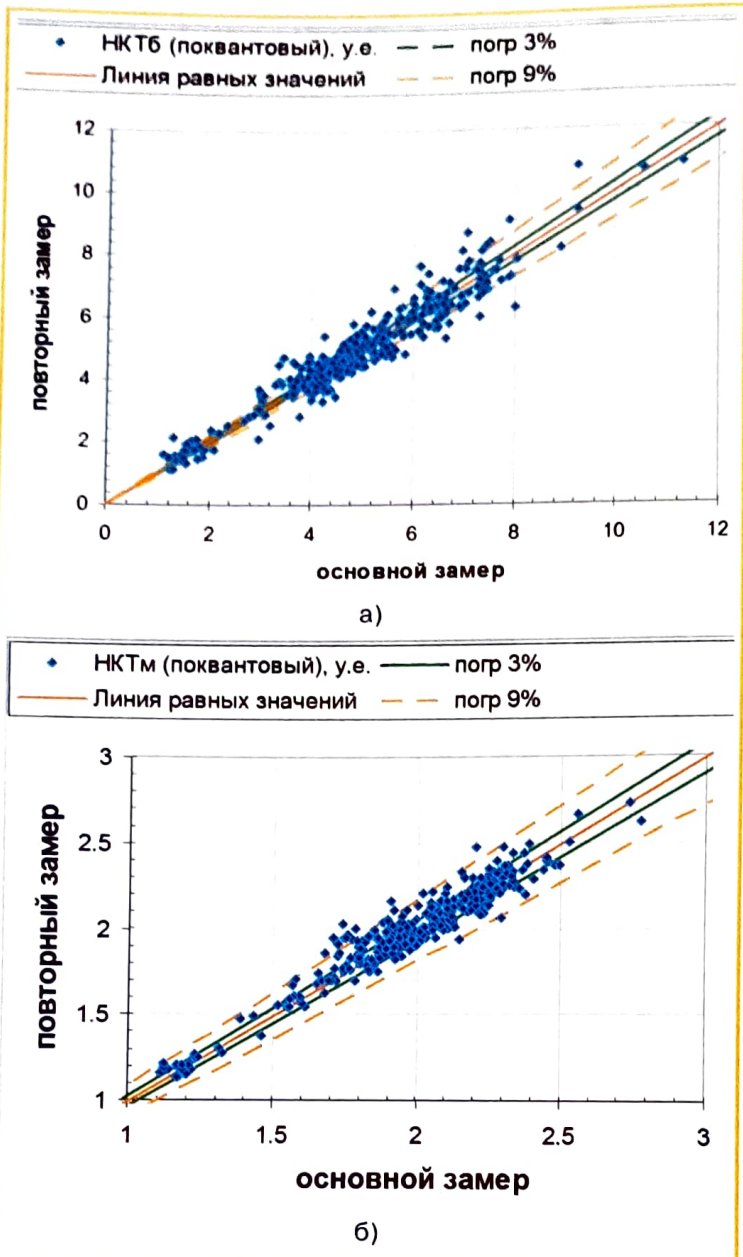


Рис. 2. Сопоставление основного и повторного замеров НКТб и НКТм

цию данных калибровки аппаратуры РК в большинстве случаев проводят полевой станцией. Станция выдаёт конечные результаты с ошибкой 0,5-1,5%. Исполнитель не знает технологию получения и обработки данных программой станции, что не позволяет проверить истинное качество. Это также не повышает достоверность результатов калибровки. Следует отметить, что в данных по калибровке аппаратуры нет упоминания о средствах калибровки и естественно о сертификации этих средств, что вызывает недоверие к результатам.

Указанные примеры нарушения технологии проведения метрологии (калибровки) аппаратуры свидетельствуют о внесении ошибок в замеры этой аппаратурой, что приводит к ухудшению качества получаемых материалов ГИС.

Основным способом определения ошибки при регистрации данных ГИС являются повторные замеры. Величина ошибки для каждого метода регламентируется техническими условиями и закреплена Технической Инструкцией (ТИ). В большинстве случаев при регистрации для большинства методов ошибка, не превышает допустимую величину. Значительные ошибки имеют место при регистрации радиоактивных методов (РК), которые играют ведущую роль при оценке фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС), особенно в сложно построенных коллекторах.

Данные повторных замеров предоставляются исполнителями и оцениваются визуально, что не позволяет выявить ошибки при регистрации, которые составляют от 2-3 до 5-10 и более %.

Авторы провели оценку величины ошибки при сравнении основного и повторного замеров по пластам различной толщины. Расхождения между основным и повторным замерами каротажа оценивались с помощью формулы:

Отн. расхождение = 100* (Хосн.замера – Хповт.замера)/Хосн.замера (%),

где **Хосн.замера, Хповт.замера** - значение физической величины основного и повторного замеров.

В результате получены следующие значения относительных расхождений. (см. Таблица №1).

Из таблицы видно, что для всех методов РК ошибка превышает допустимую в два и более раз. Ошибка увеличивается с уменьшением толщины пласта.

Графически показано:

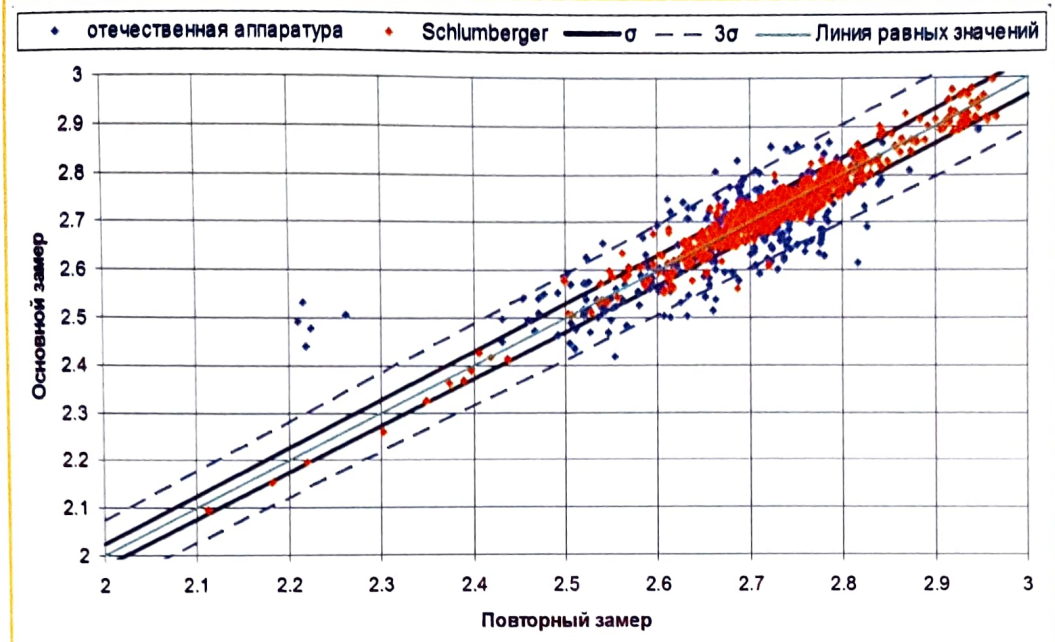


Рис. 3. Сопоставление повторных и основных замеров плотности отечественной аппаратурой и аппаратурой Schlumberger

1. Как видно из рисунков 1а и 1б, ошибка при регистрации метода ГК при допустимой величине 5% превышает эту величину более чем в два раза.

2. При регистрации метода НКТ (большого и малого зондов) при допустимой величине 3% замеренные значения превышают эту величину более чем в два раза. (см. Рис. 2)

3. Как видно из сопоставления, ошибки замеров отечественной аппаратурой превышают ошибки замеров аппаратурой Schlumberger более чем в два раза. (см. Рис. 3)

Основной причиной ошибок, превышающих допустимые, при регистрации методов РК, по нашему мнению, является несоблюдение технологии производства исследований. Это превышение скорости регистрации, несоблюдение методики метрологического контроля аппаратуры и др.

Из представленного ряда замечаний к качеству полевых материалов ГИС можно сделать вывод, что контрольно-интерпретационная партия (КИП) не выполняет свои функции по контролю за качеством принимаемых результатов скважинных исследований. КИП не требует от оператора представления «файл протокола» выполненных исследований, по которому можно проверить работу оператора. КИП допускает приём материалов ГИС с ошибками, которые превышают допустимые. КИП не формирует заключение по качеству принимаемых материалов со всеми данными для оценки качества с последующим представлением заказчику и в дальнейшем потребителю. КИП не проводит обобщение результатов интерпретации для уточнения алгоритмов по определению геологических параметров и граничных значений по выделению коллектора и продуктивного пласта, что снижает в целом эффективность ГИС. КИП допускает в заключениях оценку пористости и нефтенасыщенности в пластах толщиной меньше 1,5-1,0 м. (0,6 , 0,4 и даже 0,2м.), что, по сути невозможно, снижая этим доверие к заключению и вводя в заблуждение (обман) заказчика.

Причиной приведенных замечаний к качеству материалов ГИС, по мнению авторов, является в основном неудовлетворительная организация работ. Отсутствует должный контроль качества производства работ как со стороны непосредственно исполнителя исследований, так со стороны недропользователя (заказчика работ). Со стороны недропользователя должны быть организованы супервайзерские работы, специалисты которых должны регулярно контролировать качество работ производителей ГИРС как при подготовке на базе (подготовку и метрологию аппаратуры и оборудования), так и работу оператора на скважине, а также полноту представления результатов в соответствии с требованиями нормативно-методических действующих документов.

Геолого-геохимический модуль компьютеризированной станции ГТИ. Воспоминания о будущем

Головин Б.А., Головин К.Б., Калинникова М.В., Волкова Е.Н., СГУ, г. Саратов

За последние годы у нас в стране и за рубежом наметилась тенденция снижения эффективности комплекса ГИС в целом. Кроме того, в связи с возрастанием глубин скважин увеличилось число аварий и возросла необходимость оптимизации самого процесса бурения и исследования скважин. С учетом этих факторов проблемы, касающиеся развития систем получения геологической, геохимической и буровой информации в процессе бурения, включающих обычно геолого-геохимическую и технологическую подсистемы сбора и обработки информации, приобретают особое значение.

Ключевым моментом в постановке проблемы создания службы геолого-технологических исследований в нашей стране послужило объединенное заседание секций геологии, нефтепромысловой и полевой геофизики, бурения нефтяных и газовых скважин НТС Минефтепрома и НТО «Горное», состоявшееся 21-24 апреля 1975 года в г. Грозном, на котором присутствовал один из авторов настоящей статьи.

Авторами - разработчиками были рассмотрены информативные параметры и критерии для решения следующих основных геолого-геохимических задач [1,2]:

- литолого-стратиграфического расчленения разрезов;
- прогнозирования геологических объектов и зон АВПД до их вскрытия;
- выделения нефте-газонасыщенных интервалов и оценка характера и степени их насыщения;
- оценка коллекторских свойств перспективных пластов.

Созданный геолого-геохимический модуль с определенной долей условности был представлен двумя подсистемами: геолого-геохимической и литолого – петрофизической.

Геолого-геохимическая подсистема включала: дегазатор непрерывного действия, газовоздушную линию от дегазатора к газоанализатору, хроматограф для компонентного анализа содержания УВ газов в газовоздушной смеси, суммарный газоанализатор, определяющий содержание горючих газов в газовоздушной смеси и индикатор сероводорода. Сюда же включался термовакуумный дегазатор промывочной жидкости и шлама эпизодического действия.

Литолого – петрофизическая подсистема состояла из: шламоотборника, приборов для осушки шлама, определения пористости, карбонатности, минералогического состава, люминисцентно-битуминологического анализа.

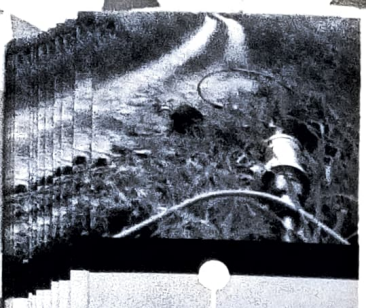
В таблице 1 приведены информативные параметры, критерии выделения и установлена необходимая точность регистрации для уверенного решения перечисленных выше задач.

Таблица 1. Оперативные параметры и критерии для решения оперативных задач ГТИ

Цели и задачи	Информативные параметры	Критерии по задачам	Оценка по задачам	Требуемая точность	Рекомендуемая аппаратура	Оптимальные условия измерения
1	2	3	4	5	6	7
1.Литологическое расчленение разреза						
1.1.Выделение песчано-алевритовых пород	% содержание минеральных составляющих	$C_{песч}$>90%, 1-комп. система $C_{песч}$<90%, 2-комп. система 3-комп. и более	мономиктовые песчаники и алевролиты олигомиктовые песчаники и алевролиты полимиктовые песчаники и алевролиты	20%	ИКА–1	* λ =9.9 мкм. Степень измельчения породы = 6мкм. Время анализа - 5 мин. Соотношение компонентов определяются по палетке.



	Размер зерен	>1 мм 0.05-1.0 мм 0.005-0.05 мм	Грубообломочные песчаник алевролит		МБС-9	** Просмотр образцов в отраженном свете при увеличении 3.5*÷20*
1.2.Выделение глинистых пород	% содержание	$C_{гл}$> 30%	глины		МБС-9	См.**
	Дисперсность	Фракционный состав меньше 0.005	-"-	-"-	-"-	-"-
1.3.Выделение карбонатных пород	% содержание минералогических составляющих	Скарб> 50% Сдол> 50% Скал> 50% Сгл> 50%	карбонатные породы доломиты известняки мергели	20%	ИКА-1	λ =7.0мкм. см. ;;;;
	% соотношение $C_{кальц.}$, $C_{дол}$, $C_{н.о.}$					
		$C_{кал}$> 50%	известняки			
		$C_{дол}$> 50%	доломиты	20%	РГЗ-1	*** Навеска 0.3г. автоматическая регистрация скорости реакции $CaCO_3$ и $CaH(CO)_3$ с 17% HCL. m_1 и m_2 определяются по калибровочному графику
	н.о. - $C_{кал.}$ - $C_{дол}$	$C_{н.о.}$ > 50%				
	Размер зерен	>0.5 мм 0.1-0.5 мм 0.5-0.01 мм 0.1-0.05 мм <0.05 мм	крупнозернистая порода среднезернистая порода мелкозернистая порода тонкозернистая порода микрозернистая порода		МБС-9	См. **
1.4.Выделение сульфатных пород	% содержание минеральных составляющих	$C_{сульф.}$> 50% $C_{гипс}$ > 50% $C_{сингид.}$ >50%	Сульфатные породы Гипс ангидрит	качественная химическая реакция	МБС-9	Растворяется в H_2O Растворяется в HCL См. **
1.5.Выделение хлоридных пород	% содержание минеральных составляющих	$C_{хлор.}$ > 50 % $C_{галита}$ >50% $C_{сильв.}$ >50% $C_{карн.}$ >50%	Хлоридные породы Галит Сильвин Карналлит	Качественная химичес-кая реакция	МБС-9	См. ** Легко растворяется в H_2O



1.6.Выделение вулканогенно-осадочных пород	% содержание пирокласти-ческого материала	$C_{пк}$ >90% $C_{пк}$ >30%	Туфы Туффиты		МБС–9	См. **
2.Прогнозирование геологических объектов и зон АВПД до их вскрытия						
2.1.Выделение покрышек	Литология Мощность %концентр. солей мощность	$C_{гл}$ > 30% h > 10 м $C_{солей}$ > 50% h > 100 м	Глинистая покрышка Солевая покрышка	10 %	ИКА–1	См. **
2.2.Выделение зон АВПД	Содержание связанной воды $m = \frac{(\alpha_1 + K_1)\cdot D_1}{1 + \frac{(\alpha_2 + K_2)\cdot D_2}{100}}$	$P_{пл} > 1.3P_{гидрос}$	АВПД	10 %	ИКА–1	=6.5 мкм. См.
2.3.Выделение коллекторов	Экспонента $\alpha = \frac{\log \frac{R}{196.8N}}{\frac{1.498W}{106D}}$	$P_{пл} > 1.3P_{гидрос}$	АВПД		СГТ–1	При оптимальных режимах бурения
	Плотность насыщенной породы	- -	- -	10 %	ВТ–500	**** Навеска 0.2-0.4 г. Рабочая жидкость – керосин. Время насыщения 30 мин. Время анализа – 15 мин.
	Проницае-мость пористость эффект. Глинистость Поглощение Провал инструм.	Кпо > 5 % Кпр > 0.01 Кп.эф. > 3% Сгл < 20% Δ Q 0.5 м3/час Δ h 10 см	коллектор коллектор - -	10%	Эталонная коллек-ция по Ханину ЯМР ИКА–1 СГТ–1	Сравнение исследуемых образцов с образцами с известной пористостью См. **** См. *
3.Выделение нефтегазона-сыщенных интервалов и оценка характера и степени их насыщения						
	Газосодер-жание бурового раствора	$q_{пж}$ > 2 %	Пласт выделяется как газонефтена сы-щенный	10%	ЖГ-1,ТВД	$V_{пр}$ = 250см3. Степень дегазации не менее 95 %. Определение производится по 6 компонентам С1 – С2 углеродов. Чувствитель-ность по СН4 менее 10-4 % об. Анализ эпизоди-ческий
	Газосодер-жание шлама	$q_{шл}$ > 2%	-"-	-"-	-"-	



	Нефтенасыщенность $K_н = \frac{V_н}{V_ж} \cdot 100$	$K_Н$ > 10%	Пласт нефтенасыщенный	5 %	АДЖ-1	Температура нагрева 2000С. Вес навески 100 г. Время анализа 30 – 90 мин.
	Водонасыщенность $K_в = \frac{V_в}{V_ж} \cdot 100$	$K_В$ > 90%	Пласт водонасыщенный	>10 %	-"-	-"-
	Газонасыщение ПЖ $F_г = \frac{1.46 \cdot V_0 \cdot z \cdot T}{\pi \cdot d^2 \cdot C \cdot H}$	2< Fг < 5% 6< Fнг < 10% F < 2%	Пласт газонасыщенный Пласт нефтегазонасыщенный Пласт водонасыщенный	10 %	ЖГ-1, КД	Степень дегазации не менее 95 %. Определение по навески компонентам $C_1 - C_6$ углеводородов. Анализ непрерывный
	Подвижность УВ	Размер пятна и цвет вытяжки	Согласно методике В.Н. Фроловской с изменениями авторов [2, 4]		АБТ-1	λ= 3.66 мкм. Экстракция образцов хлороформ.
	% содержание битумов	$C_Н$ > 5%V породы	Пласт нефтенесыщенный	10 %	ИКА–1	λ= 3.42 мкм. См. *
4.Оценка коллекторских свойств перспективных пластов						
	Литология	Песчаники Алевриты Карбонаты Вулканогенная порода	Возможный коллектор		МБС–9	См. **
	% содержание глин	$C_{гл}$>10%		10 %	ИКА–1	См. *
	Пористость открытая	*Кпо < 5% 5 < Кпо < 10% 10<Кпо <15 % 15 < Кпо <20 % Кпо >20 %	коллектор слабопористый коллектор среднепористый коллектор сильнопористый коллектор экстра класса	10 %	ВТ–500	**** Навеска 0.2-0.4 г. Рабочая жидкость керосин. Время насыщения 30 мин. Время анализа 5 мин.
	Литология	$C_{н.о.}$ < 20%	коллектор	10 %	РГЗ-1	См. ***
	Наличие пор	$K_{по}$ > 3%	Гранулярный коллектор	10 %	ВТ–500, ЯМР по Ханину	См. ниже ****
	Проницаемость	$K_{пр}$ > 0.01 мд	-"-			



	Поглощение Трещенова-тость	ΔQ >0.5 $м^3$/час Раскрытие трещин >0.1мм	Трещинный коллектор -"-		СГТ-1 МБС–9	При оптимальных условиях См.
	Наличие пор Каверно-зность Провал инструмента	$К_{по}$ <3 % Размер пор Д >2мм Δ Н >10см	Каверновый коллектор	10%	ВТ-500,ЯМР МБС–9 СГТ-1	См. **** См. ** При оптимальных условиях бурения
	Наличие пор Поглощение Трещинова-тость Каверноз-ность Провал инструмента	$К_{по}$ >3 % $\Delta \varphi$ >0.5 м3/час раскрытость >0.1мм Д >2мм Δ Н >10см	Смешанный коллектор		ВТ–500,ЯМР СГТ-1 МБС-1 -"- СГТ-1	См. При оптимальных условиях бурения См. ** -"- При оптимальных условиях бурения
	Пористость открытая	Аналогично	Аналогично	10%	ЯМР	**** V пробы=3 $см^3$. Рабочая жидкость керосин. Размер фракции пробы 2.5-7мм. Калибровка производится по эталонным водородосо-держащим жидкостям. Время анализа 15 мин.
	Пористость эффективная; $К_{п эф.}$	Время релаксации T_1 и T_2	коллектор	10%	-"-	
	Газопроницае мость $К_{пр}$	Тип породы $К_{п эф}$.	-"-		по Ханину	Оценка $К_{п эф}$. По петрофизи-ческим зависимостям в зависимости от типа пород.

Разработанный геолого – геохимический модуль компьютизированной станции ГТИ и его методическое обеспечение позволили получать исчерпывающую геолого-геохимическую информацию о разрезе бурящейся скважины.

По своим техническим характеристикам и уровню данный модуль превосходил аналогичные системы зарубежных фирм («Джисервисис», «Джиолог» и др.). Появилась возможность системного геохимического и петрофизического моделирования пластовых резервуаров в процессе бурения. Определялись геохимические параметры, зависящие от физико-химических условий среды, элементно-минералогического состава пород, изменений этих свойств под воздействием насыщающих породу флюидов, типа и состава УВ флюида. Анализировались петрофизические свойства пород, контролирующиеся, главным образом, условиями осадконакопления и постседиментационными преобразованиями, во многом зависящими от глубины залегания нефтегазоносных объектов. На аппаратурном уровне решался ряд важных нефтегеологических задач, в том числе вертикальное и латеральное прогнозирование пород – коллекторов и флюидоупоров, нефтегазоностности геологического разреза и зон АВПД [3].

В таблице 2 представлен разработанный авторами аппаратурно-методический комплекс для измерения литолого-петрофизических и геохимических параметров пород по шламу и керну.

Рассмотренные выше особенности аппаратурно-методического комплекса измерения петрофизических характеристик шлама, керна и промывочной жидкости обуславливали специфичность технологической схемы проведения анализов и их интерпретации в системе ГТИ и включали следующую

Таблица 2. Аппаратурно-методический комплекс для измерения литолого-петрофизических параметров пород по шламу и керну

№	Геологичес-кие задачи	Наименова-ние приборов	Методика работ	Методическое обеспечение
1	Литологическое расчлене-ние разреза по данным изучения шлама и керна	Бинокуляр МБС – 10 Карбонатометр РГЗ – 10 Инфра-красный анализатор ИКС – 1 Микроскоп поляризационный «ПОЛАМ» Гамма-спектро-метр	Визуальное определение литологического состава и структуры пород в пробах шлама и керна. Определение кальцита, доломита и нерастворимого остатка в пробах шлама и керна. Количественное определение минералогического состава пород, содержания межслоевой воды и нефтесодержания. Расчет литолого-петрофизических параметров. Изучение шлифов, иммерсионных аппаратов Количественное определение спектрального состава естественного гамма-поля пород (U, Th, K).	1.Методика количественного определения вещественного состава пород методом ИК – спектрометрии 2.Методика гамма-спектрометричес-кого излучения спектрального состава естественного гамма-поля. 3.Методические рекомендации по описанию керна и распределение его на анализы.
2	Выделение коллекто-ров и оценка их фильтраци-онно – емкостных свойств, а в карбонат-ных интервалах разреза их типизация	Весы торсионные ВТ – 1000 Установка ядерно-магнитного резонанса АОКС – 1 Аппарат дистилляции жидкости АДЖ – 1 Прибор определения газовой проницаемости ПОГПК - 1	Взвешивание образцов шлама для определения плотности и открытой пористости. Определение открытой пористости, глинистости и остаточной водонасыщенности пород. Определение нефте- и водонасыщенности и открытой пористости образцов керна. Определение газопроницаемости в образцах керна.	1.Методика определения пористости и плотности пород на торсионных весах. 2.Методика оценки глинистости, остаточной водонасыщенности и открытой пористости методом ЯМР-анализа. 3.Определение пористости и плотности пород по керну методом Преображенского. 4.Методика определения проницаемости коллекторов. 5.Методика определения типа коллектора по данным ГИС и ЯМР.
3	Оценка флюидона-сыщенности пород-коллекто-ров	Дегазатор раствора и шлама Хроматог-раф Гамма-спектромтр Аппарат дисцилляции жидкости АДЖ – 1	Обеспечение термовакуумной дегазации проб промывочной жидкости, шлама и керна. Анализ углеводородных газов. Количественное определение спектрального состава естественного гамма-поля пород (U, Th, K). Определение нефте- и водонасыщенности и открытой пористости образцов керна.	1.Методика определения связанной воды минералов трансформацион-ного ряда монтмориллонит-гидрослюда методом ИК-спектрометрии. 2.Методика прогнозирования зон АВПД по содержанию связанной воды [3].
4	Прогнозирован ие зон АВПД	Установка ядерно-магнитного резонанса АОКС – 1 Весы торсионные ВТ – 1000, ВТ – 500	Определение открытой пористости, глинистости и остаточной водонасыщенности пород. Взвешивание образцового шлама с целью определения плотности и открытой пористости.	Такие же как в п.3



последовательность [4]:

- по результатам анализа шлама выделяют основные литотипы пород и осуществляют их детальную привязку к фактическим глубинам залегания, определяют литолого-петрофизические свойства пород;
- по сопоставлению коллекторских свойств, полученных по шламу, с данными ГИС диагностируются типы коллекторов;
- прослеживаются в разрезе вариации литотипов пород, мощностей коллекторских и экранирующих толщ, выявляются их связи со структурой и фациальной зональностью, что создает предпосылки для локального прогноза зон коллекторов с наилучшими емкостными характеристиками, а так же зон их отсутствия.

Описанная методика внедрена в производство полевых работ. При этом предпочтение было отдано, в первую очередь, наиболее экспрессным, реализуемым непосредственно на буровой ядерно-физическим методам анализа, к которым относятся методы инфракрасной спектрометрии, спектрофотометрии, рентгенорадиометрии, каппаметрии, определения объемной и минералогической плотности.

В результате проведенных исследований и на основе опыта опробования, был разработан алгоритм комплексной методики оперативного анализа шлама с использованием вышеприведенного технологического цикла работ при выполнении стационарных ГТИ и обоснована технологическая схема прогнозирования нефтегазоносности геохимическими и петрофизическими методами.

Не идеализируя прошлое, прослеживая эволюцию геолого-геохимических методов, можно констатировать постоянно снижающийся уровень этих исследований, что выразилось как в потере целого ряда информационных параметров, так и в неуклонном снижении качества представляемой заказчику информации. В частности, инструментальная методика количественного определения минералогического состава пород ограничивается оценкой кальция, доломита и нерастворимого остатка. Канул в прошлое процесс изготовления и анализа шлифов на буровой. Оценка петрофизических параметров открытой пористости и плотности, если и выполняется, то только на торсионных весах, при этом не охарактеризовывается коэффициент глинистости и коэффициент остаточной нефтенасыщенности, [illegible]овая проницаемость в полевых усло[illegible]ях не определяется, гамма-спекром[illegible]ричес-кая характеристика в перечн[illegible]услуг, представляемых заказчику, не фигурирует и т.д.

За последние 20 лет в области геолого-геохимических исследований в процессе бурения был утрачен практически весь положительный опыт, являвшийся передовым в сравнении с зарубежными фирмами. В результате под сомнение поставлен вопрос получения полной геолого-геофизической информации вскрываемых скважиной пластах.

Нам думается, что у истоков этого явления стоит как снижение требовательности со стороны заказчика, так и внедрение корпоративной закрытости исходной геолого-геофизической информации. Большое влияние оказывает и человеческий фактор, так как при проведении ГТИ качество материала напрямую зависит от людей, их профессиональной подготовки и персональной ответственности за выполнение поставленных задач. Авторы глубоко убеждены, что сложившуюся ситуацию необходимо менять коренным образом, и надеются на понимание всех коллег, занятых в геофизическом сервисе.

Литература.

1. Головин Б.А. Геохимические и петрофизические методы прогнозирования нефтегазоносных объектов при бурении глубоких скважин (на примере подсолевых отложений палеозоя Прикаспийской впадины): Дис...канд.г.-м.наук. – М., 1988, 224с
2. Способ исследования скважин в процессе бурения / И.Г. Мельников, С.А. Моисеенко, Б.А. Головин. Авторское свидетельство № 1390248 от 22.12.87.
3. Способ выявления зон аномально высоких пластовых давлений / С.Н. Морозов, Е.В. Кучерук, М.Ю. Гауберг, Б.А. Головин. Авторское свидетельство № 1130820 от 22.08.84 Приоритет изобретения 3.02.83.
4. Способ определения литологического разреза скважин в процессе бурения / А.С. Моисеенко, Т.В. Крылова, И.Г. Мельников, Б.А. Головин, Л.М. Чекалин. Авторское свидетельство № 1254144 от 1.05.86. Приоритет изобретения 5.04.85.

Техника и технология сейсмических исследований в условиях предельного мелководья и выполнения «бесшовной» съемки на границе вода - суша

Захаров Н.В., Шумский Б.В., Рудаков А.В., ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», г. Геленджик

Несмотря на то, что прошедшие последние пять лет ознаменовались достаточно интенсивным развитием трехмерных технологий, на данный момент времени немногие геофизические компании в России имеют опыт проведения сейсморазведки 3D в условиях предельного мелководья и, в частности, на границе вода – суша, обеспечивая при этом «бесшовную» съемку при стыковке с наземными наблюдениями. С этой точки зрения, статья, посвященная именно практическим аспектам и специфике их выполнения, может быть интересна широкому кругу геофизиков – практиков, занимающихся полевыми сейсмическими исследованиями.

В качестве исходных полевых данных, на примере которых будут освещены основные проблемы, возникающие при выполнении полевых работ, были использованы трехмерные исследования, выполненные на Крузенштернском лицензионном участке по заказу ООО «Газфлот».

Район работ расположен в Ямальском районе Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) за Полярным кругом в прибрежной части Карского моря. Границы контура лицензионного участка с предполагаемой формой Крузенштернского структурного осложнения и батиметрическая карта водной территории представлены на рисунке 1.

Морская акватория (залив Шарапов Шар) представляет собой мелководный бассейн с глубинами, не превышающими 3 метра. Грунт на дне водоема илистый, вязкий. В южной части участка между островами Шараповы Кошки и береговой линией располагается пролив под названием Мутный Шар, в пределах которого находится узкий каньон северо-восточного простирания с сильным подводным течением. Протяженность его порядка 15 км, ширина не более 1 км, глубина 8 – 18 м. Общая площадь планируемых работ на акватории составляет 700 кв. км.

Прибрежная часть лицензионного участка имеет труднопроходимую слегка всхолмленную тундру, прорезанную множеством речек и ручьев и покрытую большим количеством озер и болот. Прилегающая к заливу суша характеризуется присутствием многолетнемерзлых пород мощностью до 250 м.

Полевые исследования выполнялись на море силами ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» в летний полевой сезон 2010 и 2011 г, на суше, в северной части площади - ОАО «Ямалгеофизика» в зимний период 2010 - 2011 г. Задача работ: оконтуривание Крузенштернского структурного осложнения и выполнение «бесшовной» съемки на границе вода-суша.

В 2010 г морские работы были выполнены в центральной части водной акватории в объеме 398.63 кв. км. Оставшийся объем работ на 2011 г составлял 301.37 кв км.

В настоящее время морские работы закончены полностью, наземные исследования в южной части площади будут продолжены в зимнем полевом сезоне

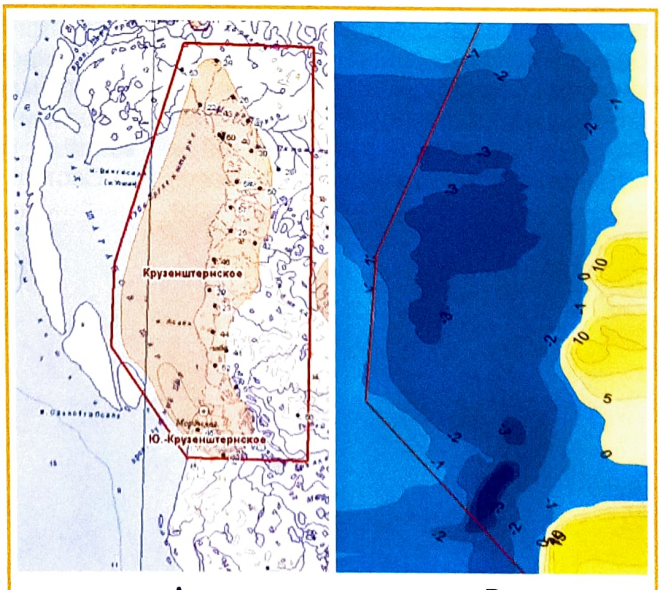


Рис. 1 Границы контура лицензионного участка с предполагаемой формой Крузенштернского структурного осложнения (А) и батиметрическая карта водной территории (В)

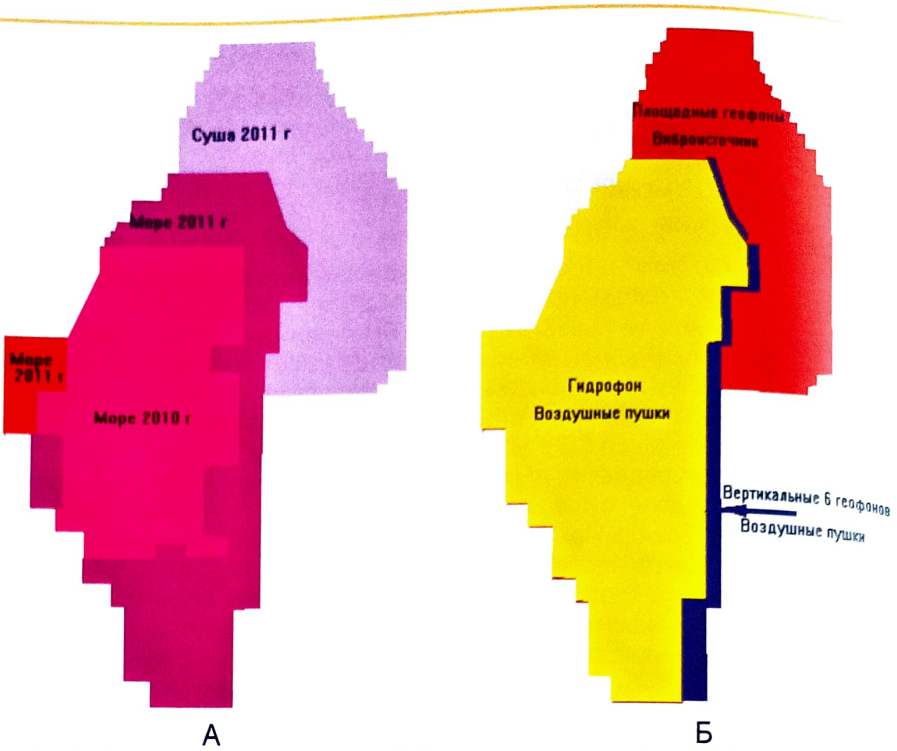


Рис. 2 Схема размещения выполненных площадей по годам (А) и использованное при этом основное оборудование (В).

Таблица 1: Методика работ на суше и на море

	Расстояние между ЛПП	Расстояние между ЛПВ	К-во ЛПП в шаблоне	К-во ЛПВ в шаблоне	К-во активных каналов	К-во ПВ в шаблоне	Кратность
Суша	300 м	300 м	16	1	1536	24	64
Море	300 м	300 м	8	8	768	768	64

2012 – 2013 г.

На рисунке 2 представлена схема размещения площадей, выполненных по годам, и использованное при этом основное оборудование.

Методика работ на суше и на море отображена в табличной форме (Таблица 1).

Линии пунктов приема (ЛПП) располагались в широтном направлении, линии пунктов взрыва (ЛПВ) – меридиональном. Схемы наблюдения на этапе проектирования сухопутных и морских работ были согласованы между исполнителями наземных и морских исследований.

Состав морской сейсмической партии включал 82 человека и располагался на несамоходном судне специального назначения (НССН) «Геошельф» (рис. 3).



Рис.3 Несамоходное судно специального назначения (НССН) «Геошельф»

Здесь же размещался центр управления полевыми сейсморазведочными работами, центр предварительной обработки сейсмической информации (QC анализ) и станция дифференциальных поправок.

Все сотрудники партии снабжены защитными костюмами URSUIT, изготовленными по технологии GORE TEX. Особенностью материа-

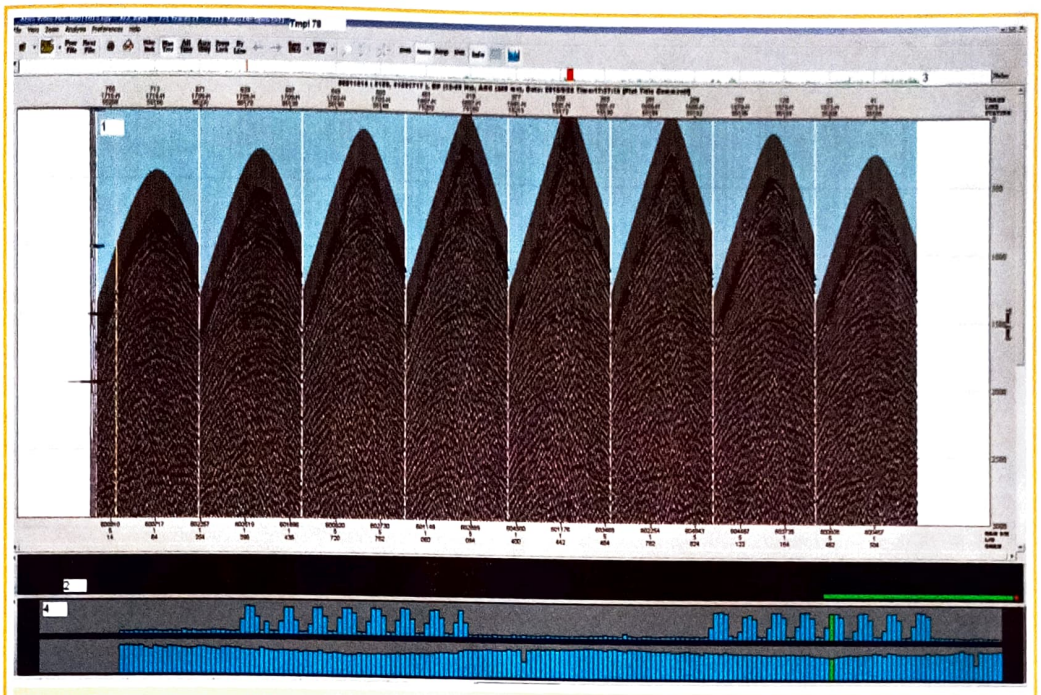


Рис.4 Печать экрана QC-анализа с типичной сейсмической записью для условий предельно малых глубин моря

ла, из которого изготовлен костюм, является то, что он не пропускает воду и в тоже время ткань является «дышащей», т.е. пропускает воздух.

Для записи сейсмических колебаний использовалась система регистрации ARAM ARIES II, к которой прилагается специализированный пакет программ ARAM ARIES DEMO для QC-анализа, позволяющий оператору в реальном времени выполнять анализ волновой картины регистрируемого волнового поля, получаемого от каждого возбуждения.

На рисунке 4 приводится печать экрана QC-анализа с типичной сейсмической записью при выполнении исследований на глубинах моря 2.0 м.

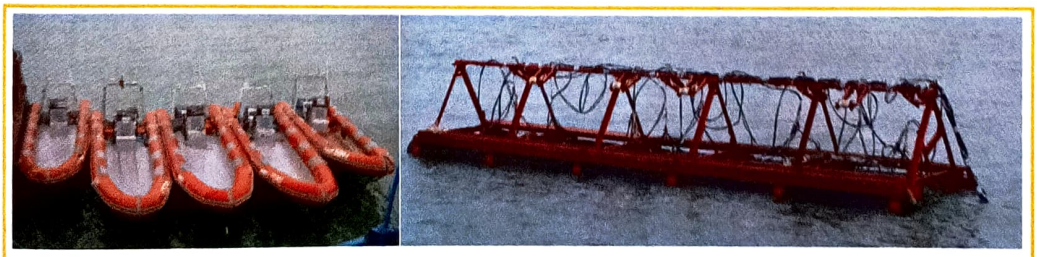
На экране монитора отображается следующая информация:

- RMS-среднеквадратическая амплитуда сигнала в мкВ;
- NOISE- среднеквадратическая амплитуда помехи в мкВ;
- SNR-соотношение сигнал/помеха в Дб;
- RMS (%)- количество трасс в процентах, удовлетворяющих граничным условиям по уровню шума;
- Station Analyzed – количество анализируемых трасс;
- Station Passed – количество трасс, удовлетворяющих граничным условиям по уровню шума;
- (%)Passed – процент трасс, удовлетворяющих граничным условиям по уровню шума.

В условиях предельного мелководья качество регистрируемых сейсмограмм находится в прямой зависимости от погодных условий. Уровень микросейсм на сейсмических записях для различных глубин водного бассейна, где расположено приемное устройство, контролировался на экране монитора регистратора в процессе выполнения исследований.

Параметры для отображения экрана задаются пользователем.

Для различных глубин были установлены свои допустимые пороговые



A B

Рис. 5 Мотолодоки RIB FAST-1000 (A) и плот-носитель с группой пневмоисточников (B)

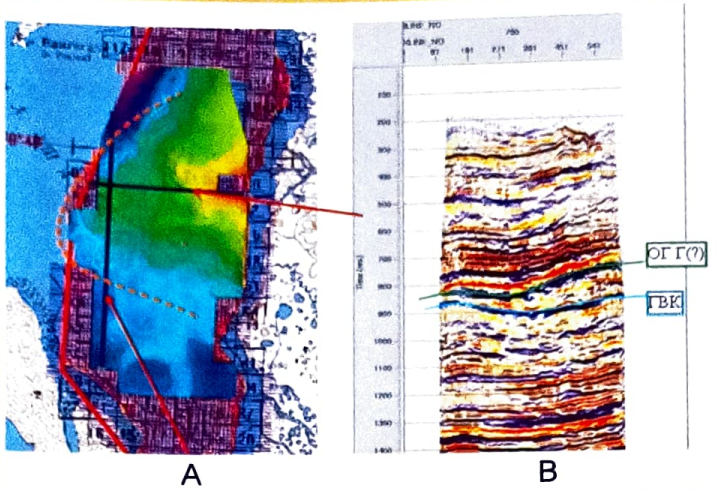


Рис. 6 Предварительные карта изохрон (А) и временной разрез (В) по результатам обработки сейсмического материала 2010 г

значения уровня микросейсм, выше которых работы не выполнялись.

Для раскладки приемных устройств на акватории применялись мотолодки RIB FAST-1000 (рис.5А) производства компании «Narwhal» (Испания) с подвесными лодочными моторами «Yamaha-100».

Возбуждение упругих колебаний на акватории осуществлялось групповым мелководным пневмоисточеиком (рис.5В), транспортируемым самоходным понтоном.

При выполнении возбуждений были установлены следующие величины глубины погружения групповых пневмоизлучателей:

- глубине моря ≈ 3.0 м соответствовало погружение на 2.5 м;
- глубине моря ≈ 2.0 м соответствовало погружение на 1.5 м;
- глубине моря ≈ 1.5 м соответствовало погружение на 1.0 м;
- глубине моря ≈ 1.0 м соответствовало погружение на 0.8 м.

При исследованиях на предельно малых глубинах ни одна конструкция плота-носителя не выдерживает количества возбуждений в течение всего полевого сезона. В связи с этим в сейсмической партии имелось два однотипных «взрыв-пункта», что позволяло не останавливать работу во время ремонта одного из них.

Выполненные морские полевые исследования в 2010 г были переданы на обработку в ООО «ГСД» (Геофизические Системы Данных, г. Москва). До начала следующего полевого сезона в 2011 г материал был обработан (рис.6) и по результатам обработки, для более уверенного определения местоположения газо-водяного контакта (ГВК) на границе структурного осложнения в восточной части площади, были выданы рекомендации на дополнительный объем работ 60 кв. км в восточной части лицензионного участка (на рисунке 2(А) выполненный дополнительный объем работ обозначен красным цветом).

Таким образом, за короткий летний полевой сезон 2011 г. предстояло выполнить морские работы в объеме 361.37 кв. км.

Учитывая то, что оставшийся основной объем работ сосредоточен в прибрежной зоне, а это наиболее трудоемкий вид исследований, на первый взгляд задача казалась не выполнимой.

Перед выездом на полевые работы теоретически в кабинетных условиях были проработаны различные варианты выполнения планового задания. В результате были приняты следующие основные решения:

1. Сформировать два независимых сейсмических отряда: морской, базирующийся на судне, и прибрежный, базирующий на берегу со всем вспомогательным транспортом и оборудованием. В связи с тем, что шаблоны на границе суша – море необходимо отрабатывать практически в штилевую погоду, их исследования должны выполняться в приоритетном порядке, то есть подготовленный к выполнению шаблон при наличии благоприятной погоды должен быть немедленно отработан. В период подготовки шаблона суша – море проводить исследования в морской части акватории, тем самым существенно сокращая простои по погодным условиям.

2. В процессе выполнения сейсмических исследований отслеживать поведение контура структурного осложнения путем построения схемы изохрон по верхнему отражающему горизонту «Г» (кровля сеноманских отложений) для возможного перераспределения объемов работ на площади с целью неукоснительного выполнения геологической задачи.

При выполнении работ в летнем полевом сезоне 2011 г сейсморазведочная партия была надлежащим образом сформирована и строго придержива-



Рис. 7 Общий вид датчика с геофонами и способы их установки в тундровых условиях и прибрежной зоне

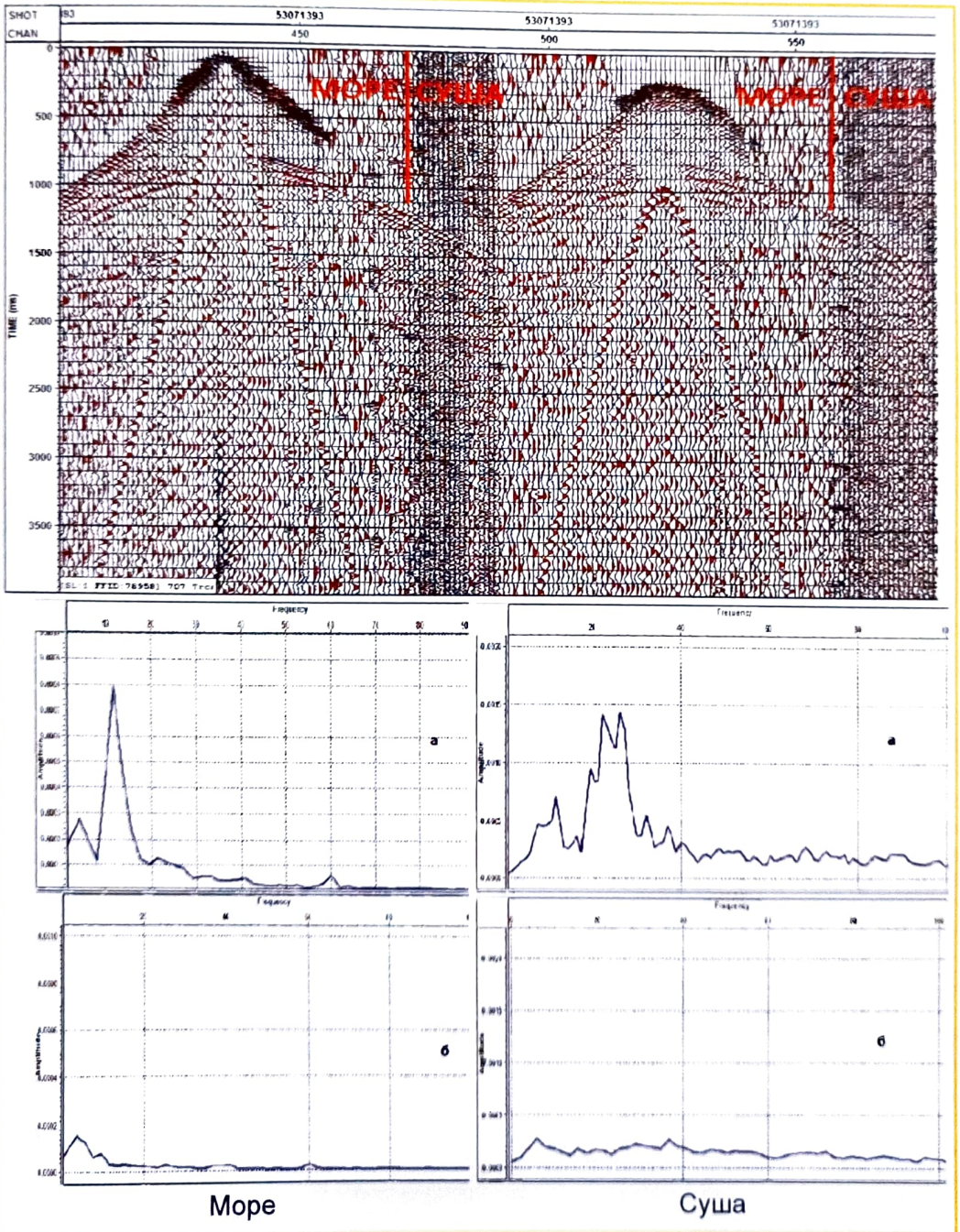


Рис.8 Сейсмограммы, зарегистрированные на границе суша-море и их амплитудно – частотные спектры



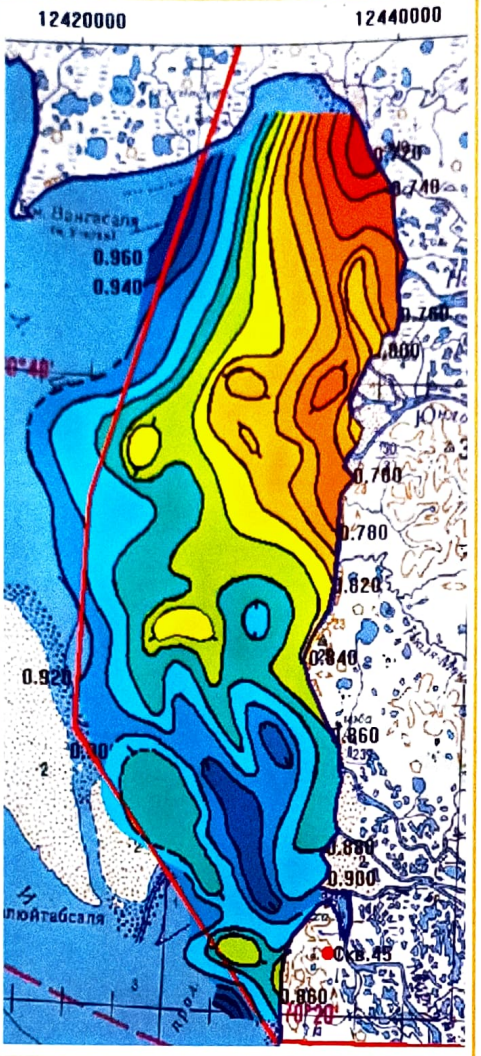


Рис. 9 Вид схемы изохрон по отражающему горизонту «Г» по окончании полевых работ

лась принятых решений.

Раскладка и сбор геофонов на берегу осуществлялись с помощью колесной вездеходной техники «ARGO» Avenger 8×8.

На границе суша – море от глубин 1 м и более на суше устанавливались геофоны, представляющие собой последовательно соединенные вертикально сгруппированные 6 одиночных сейсмоприемников GS-20DX, смонтированные в цилиндрическом контейнере. Цилиндрический контейнер с одного конца снабжен металлическим конусом, другого – металлической проушиной, к которой подсоединяется капроновый фал для удобства вытягивания. Для поверхность, так как в заболоченной местности контейнер задавливается в грунт до твердой поверхности.

Общий вид такого датчика и способы их установки в тундровых условиях и прибрежной зоне приведен на рисунке 7.

Сейсмические записи в условиях моря и суши различаются между собой по интенсивности и частотному составу (рис. 8).

Морские шаблоны отрабатывались стандартным способом, как и в сезоне 2010 г, но последовательность их выполнения контролировалась по схеме изохрон. Построение карты проводилось на персональном компьютере в системе Seis Win после предварительной обработки сейсмического материала на каждом выполненном шаблоне с последовательным их дополнением (рис.9). Критерием оценки служил контур Крузенштернского структурного осложнения на уровне отражающего горизонта «Г» (ОГ«Г» - кровля сеноманских отложений, $T_0 \approx 0.7$с), путем отслеживая которого удалось оперативно перераспределить основные объемы работ и несколько сократить дополнительный объем, что позволило, не нарушая условий Геологического задания, уложиться в рамки короткого летнего полевого периода.

Особую сложность представляла отработка шаблонов в пределах каньона, когда по условиям дизайна съемки линии ЛПП располагались поперек его простирания.

Несмотря на все принимаемые усилия, приемное устройство сносило течением и практически оно складывалось в «гармошку». Было принято оперативное решение: развернуть ЛПП на 90 градусов, то есть разложить по направлению течения. Разворот приемных линий на 90 градусов позволил выполнить все шаблоны в пределах каньона (6 шаблонов), но все-таки при некотором отклонении приемных линий от проектного положения.

Искривление приемных линий хорошо отображается на регистрируемых сейсмограммах путем искажения

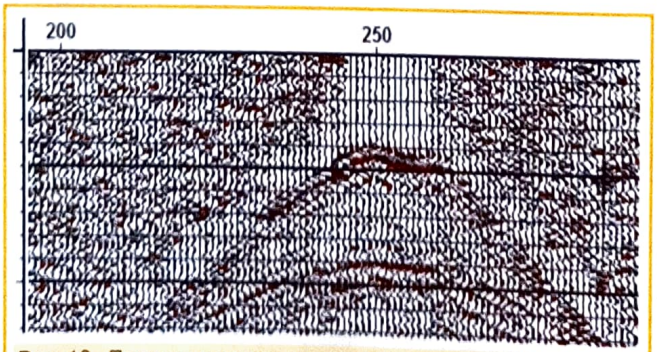


Рис 10. Пример искажения первых вступлений в связи с искривлением приемного устройства

первых вступлений (рис.10).

На таких шаблонах путем использования специализированных программ в системе VISTA (GEDCO, Канада) по первым вступлениям выполнялось определение их истинного местоположения на дне водоема.

Вычисленные поправки вводились в процессе обработки сейсмического материала.

Предварительная полевая обработка на борту судна выполнялась в системе VISTA (GEDCO, Канада) по следующему графу:

- присвоение геометрии;
- расчет и ввод поправок за искривление приемного устройства (по необходимости);
- автоматическая регулировка амплитуд;
- FK-фильтрация;
- широкополосная полосовая частотная фильтрация;
- деконволюция;
- полосовая фильтрация;
- формирование координат точек ОГТ;
- расчет и ввод кинематических поправок;
- суммирование по линиям Inline&Crossline;
- подавление случайного шума по временному разрезу;
- вывод временных разрезов на бумагу.

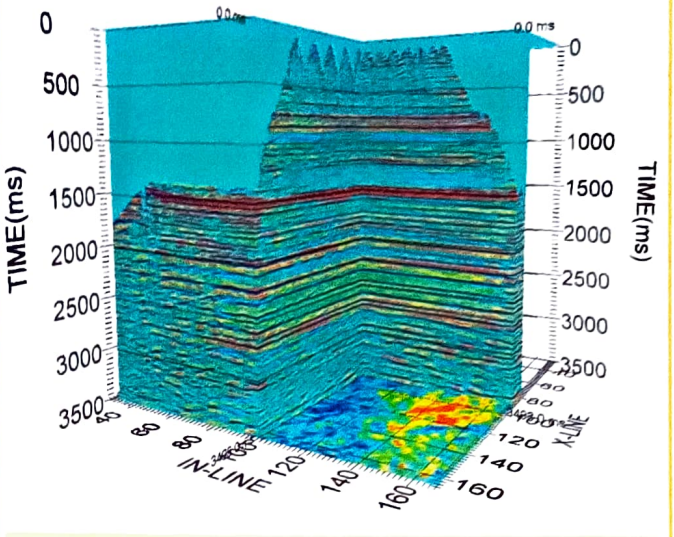


Рис. 11 Результат полевой обработки на борту судна

Результат полевой обработки на борту судна, характеризующий качество полученного сейсмического материала, представлен на рисунке 11. Интересующий временной интервал разреза соответствует времени 0.7 – 3.0 с (поверхность сеномана – подошва юры).

В результате двух годичных исследований в акваториальной части Крузенштернского лицензионного участка ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» выполнила проектные исследования в полном объеме (700 кв. км), дополнительные работы в несколько меньшем объеме – 47.97 кв. км. Качество сейсмического материала комиссией принято с оценкой 0.95.

Полученный ОАО «Ямалгеофизика» в зимнем полевом сезоне 2010 – 2011 г сейсмический материал по сухопутным исследованиям передан на обработку в ООО «ГСД».

На рисунке 12 приведен временной разрез по результатам морских и сухопутных исследований и временной срез на времени 0.712 с (отражающий горизонт «Г»).

Результаты обработки свидетельствуют о выполненной «бесшовной» съемке при совместных сухопутных и морских исследованиях. На временном срезе даже не отмечается граница двух видов сейсмических наблюдений. Дополнительными работами (Море 2011 г) более уверенно зафиксирован газоводяной контакт (ГВК). В акватории моря оконтурено Крузенштернское структурное осложнение. Геологическое задание Заказчика выполнено в полном объеме.

Первостепенным необходимым условием «бесшовной» съемки является предварительное согласование Исполнителей на уровне SPS – файлов.

Зачастую съемки морская или сухопутная выполняются в разные годы и продолжение того или иного вида съемки на одном объекте накладывает на исполнителей практически непреодолимые условия, из-за которых «бесшовную» съемку в пределах интересующего интервала осадочного чехла выполнить без дополнительных усилий не представляется возможным. В первую очередь, это связано с тем, что на границе суша-море, как со стороны моря, так и суши, на линиях ЛПВ неизбежно существуют пропуски ПВ, связанные с невозможностью их выполнения: со стороны моря из-за малых глубин, и возможности обвала берега при возбуждении упругих колебаний виброустановками со стороны суши. Чтобы заполнить недостающие пропуски ПВ, необходимо выполнить в летний период возбужде-

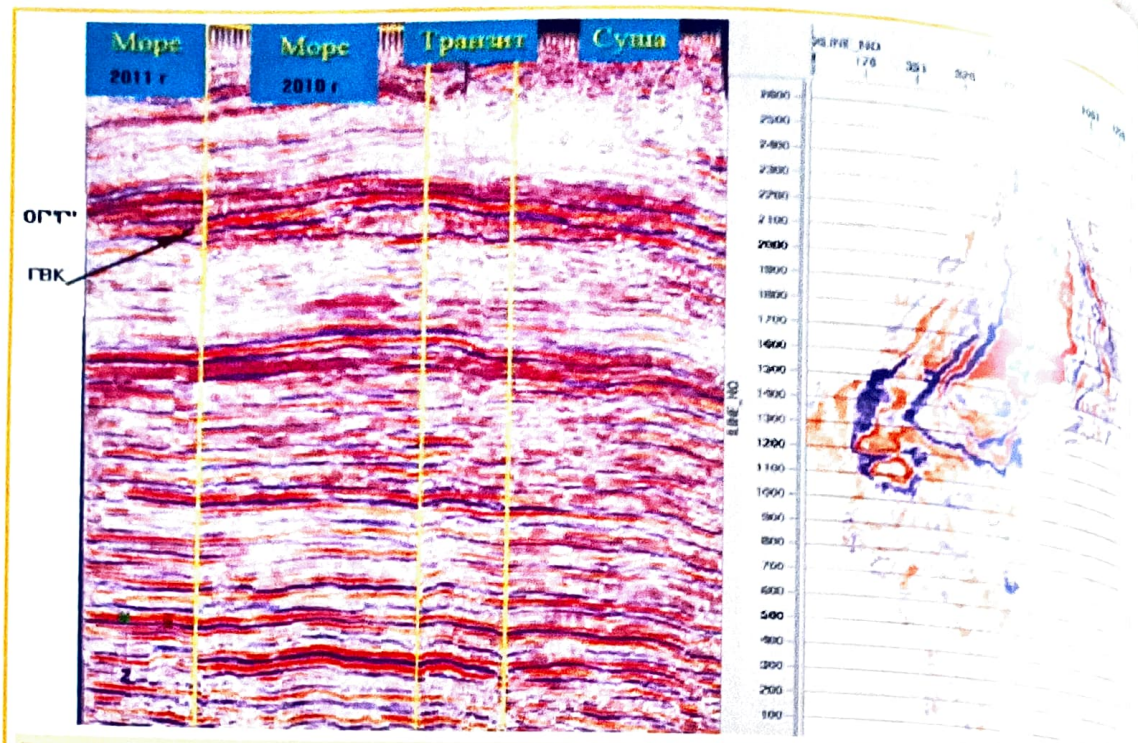


Рис. 12 Временной разрез совместной обработки сухопутных и морских работ (А) и временной срез на времени 0.712 с (В)

ния скважинным пневмоизлучателем. Однако, эффективность их выполнения зависит от состава осадков, куда помещается скважинный излучатель.

ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» располагает необходимым оборудованием и опытом работ в прибрежных районах со скважинным пневмоисточником.

В тексте статьи рассмотрено и проиллюстрировано только основное оборудование, использованное при выполнении полевых сейсмических исследований в мелководном бассейне и на границе суша-море. Но следует иметь в виду, что вспомогательное оборудование, такое как: баржа для хранения ГСМ; баржа для складирования малогабаритных плавсредсв на период штормовой погоды; буксиры; резиновые лодки и т.д., без которого невозможно производство работ, имеет так же немаловажное значение.

Выводы

Успешному выполнению производственного задания при исследованиях на акватории и в прибрежной зоне суша – море способствовали следующие мероприятия:

- согласование в период проектирования дизайна съемок 3D при сухопутных и морских работах и строгое их выполнение;
- тщательная подготовка сейсмической партии к полевому сезону;
- выезд на полевые работы в запланированный срок, позволивший избежать излишних непроизводительных затрат времени по погодным условиям, так как потеря одного дня при мобилизации партии в летний период, приводит к увеличению продолжительности полевых работ осенью на 3-4 суток;
- работа двух независимых сейсмических отряда, что способствовало существенному сокращению непроизводительных затрат времени по погодным условиям;
- применение современных регистрирующих и обрабатывающих систем;
- отслеживание поведения контура структурного осложнения путем построения карты изохрон по верхнему отражающему горизонту «Г» (кровля сеноманских отложений), что позволило оперативно вносить коррективы в направления работ и в рамках полевого сезона выполнить геологическую задачу при некотором сокращении дополнительных объемов исследований;
- применение последовательно соединенных вертикально сгруппированных 6-ти одиночных геофонов GS-20DX, смонтированных в цилиндрическом контейнере, обеспечивших получение качественного сейсмического материала на границе суша – море;
- использование вездеходной техники на берегу, обеспечившей сокращение затрат ручного труда и календарного времени.

Система позиционирования модулей донного кабеля Marsh Line. Оптический датчик схода модулей

Гуров А.Ю. , Шульга А.С., ООО «Донгеофизика», пгт. Тарасовский, Ростовская обл.

Для позиционирования сейсмических кос используются акустические системы типа "Sonardyne". При работе на мелководье и предельном мелководье в транзитных зонах возникают следующие проблемы с использованием гидроакустических навигационных систем:

- малая глубина транспондеров, расположенных на кабеле, приводит к большим переотражениям акустических сигналов, что, в свою очередь, приводит к увеличению ошибки определения местоположения;
- пересеченный рельеф и перепады глубин затеняют транспондеры от приемной антенны, в результате чего появляются «мертвые зоны»;
- необходимость закрепления транспондера на кабеле через 80-100 метров затрудняет или совсем отменяет возможность автоматической сборки и раскладки системы, сводя на нет преимущество систем Marsh Line.

В связи с этим была рассмотрена возможность определения положения донного кабеля системы Marsh Line с использованием оптического датчика схода модулей (ДСМ), для чего были выполнены соответствующие расчеты точности определения местоположения системы на дне.

Оптический датчик схода модулей состоит из двух блоков - излучателя и приемника (Рис.1). Для обеспечения высокой помехозащищенности лучи в системе модулируются кодированным сигналом.

Перекрытие модулем электроники системы Marsh Line лучей в датчике дает отметку момента на навигационный компьютер с программным обеспечением (ПО) HYDRO PRO. Для распознавания модуля используется статистический расчет и алгоритм нечеткой логики, который позволяет принять решение, считать ли объект, перекрывший лучи в датчике, модулем косы или это помеха (инструмент, кабель, мусор и т.п.). Часть критериев распознавания, например - размеры модуля, шаг модулей, скорость размотки и т.п., задаются оператором донного кабеля при настройке системы через ПО ДСМ (Рис.2).

На рисунке 3 показана работа диагностического ПО ДСМ. Помимо проверки точности распознавания модуля в его функции входит детальная настройка прибора.

В месте расположения ДСМ находится антенна двухчастотного приемника GPS, а под днищем в геометрическом центре судна – эхолот/глубиномер (Рис.5). Все сигналы (поток координат RTK NMEA 5Гц, поток глубин NMEA 5Гц и сигнал срабатывания ДСМ) поступают на навигационный компьютер, где работает ПО HYDRO PRO. Перед раскладкой донной косы Marsh Line в ПО навигационного компьютера вводятся координаты профиля, по которому будет происходить раскладка. Во время раскладки ПО HYDRO PRO обеспечивает точное ведение судоводителем судна–раскладчика по профилю, записывает дан-

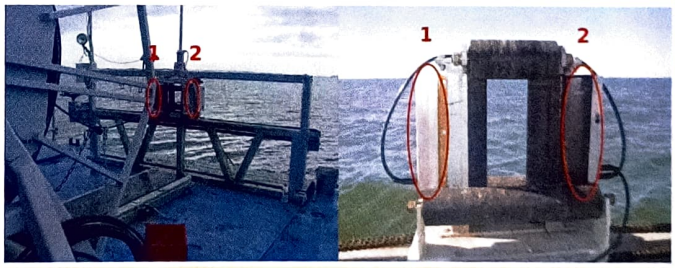


Рис. 1. Датчики схода модулей на раскладчике. Излучатели (1) приёмники (2)

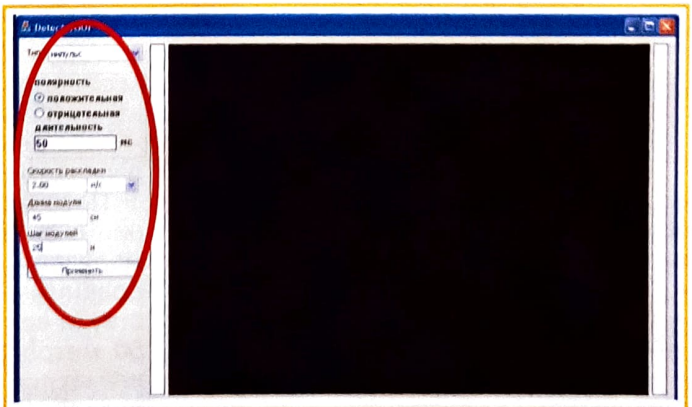


Рис. 2. Окно настройки и диагностики ПО ДСМ



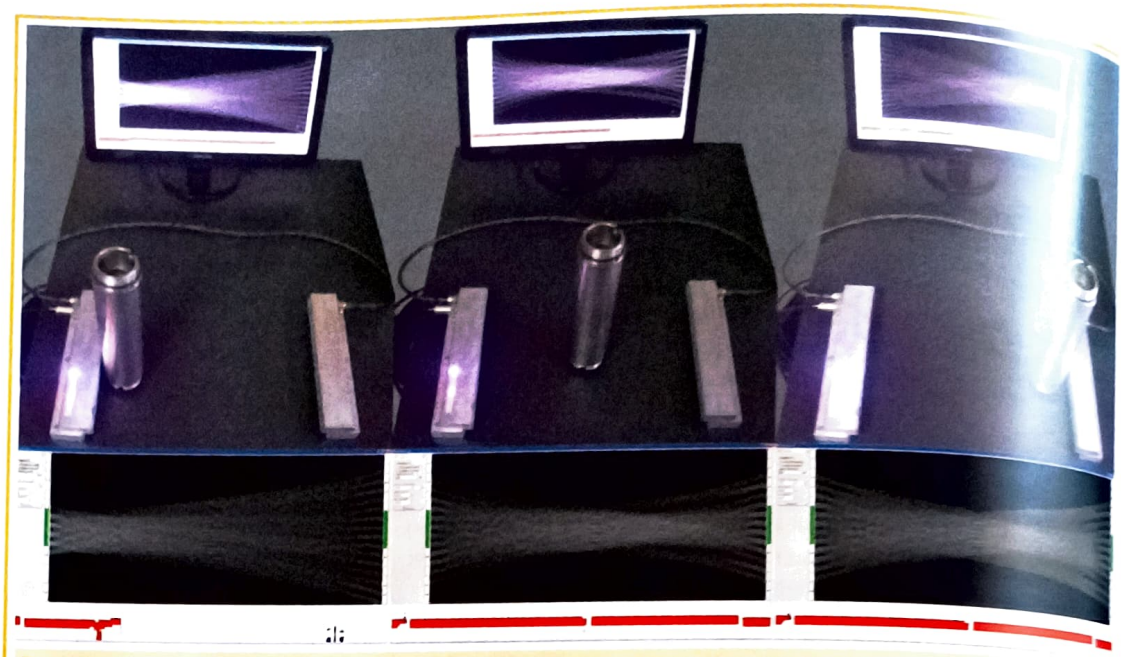


Рис. 3. Определение наличия модуля при разном пространственном положении во время отладки ПО ДСМ

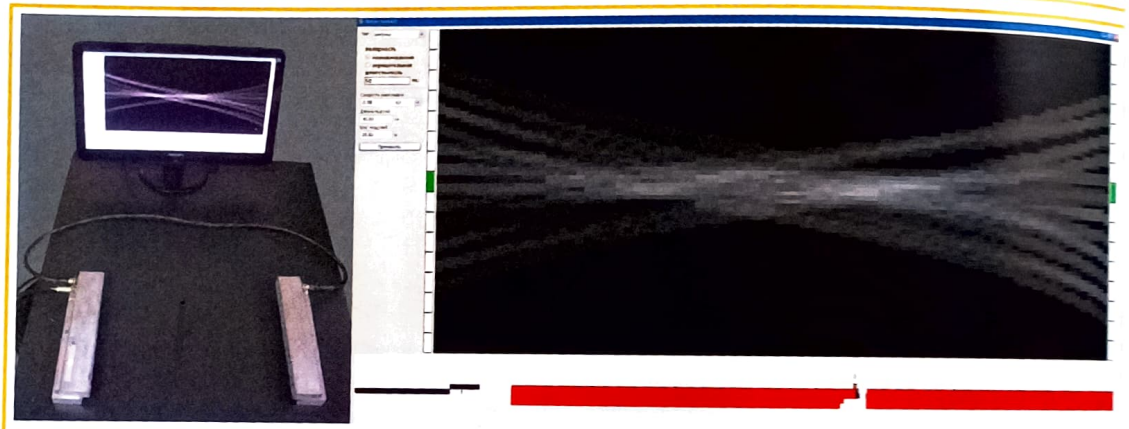


Рис. 4. Реакция датчика на перекрытие одного луча кабелем сейсмокосы

ные местоположения судна на профиле, глубины вдоль профиля и в точках момента схода модулей. Накопленный массив координат точек схода и глубин, с учетом рассчитываемых поправок, представляет собой фактические координаты приемных модулей на дне.

Рис. 5. Пример схемы расположения навигационного оборудования на судне-раскладчике

Точность определения положений модулей (датчиков) донной косы обусловлена свойствами кабеля системы Marsh Line:

- высокая жесткость и прочность, большой вес соединительного кабеля секций, благодаря чему он стремится сохранять прямую форму и не способен образовывать петли и сгибы малого радиуса;
- малая растяжимость – упругое удлинение составляет менее 0,5 мм на метр длины при нагрузке 3 тонны, что составляет 0,5 метра на километр. Причем, при уменьшении или снятии нагрузки удлинение сокращается вплоть до нуля.

При раскладке системы Marsh Line стандартная технология предусматривает надежную фиксацию начала кабеля на дне, исключающую стаскивание кабеля с расчетного пикета в процессе раскладки.

Перечисленные свойства в сочетании с высокой точностью размещения модулей вдоль длины кабеля с фиксированным заданным шагом (существуют версии с шагом 1, 2.5, 5, 10, 25 и 50 метров) делают размещение модулей на дне предсказуемым, что и позволяет применять данный метод позиционирования. Такой метод совершенно

неприменим для косы с гибким кабелем.

Чтобы оценить точность позиционирования раскладки косы, следует принять во внимание, что:

- ошибки определения положения приемных модулей добавляются к абсолютной базовой ошибке измерения координат, вычисляемых по данным GPS-приемника и глубиномера;
- ошибка измерения в поперечном направлении профиля очень мала и сопоставима с расстоянием между излучателем и приемником (сантиметры);
- ошибка в продольном направлении профиля имеет две составляющие – геометрическую и ошибку по времени.

Ошибка по времени связана с задержкой выдачи сигнала схода модуля и периодичностью получения координат (5 раз в сек). Чем выше скорость раскладки, тем сильнее влияние ошибки времени. При типичной скорости раскладки 1ч2 м/с максимальная составляющая ошибки времени вдоль профиля будет:

(Время Задержки)+ +(Период получения координат)* (Скорость) = (0,05 + 0,2) *(1÷2) = 0,25÷0,5 метра.

Это соответствует наихудшему случаю. В среднем такая погрешность составляет половину максимальной.

Геометрическая составляющая целиком определяется принципом работы датчика схода. На нее влияют также и эксплуатационные составляющие, такие как глубина на профиле, натяжение косы при раскладке. Практически же определение такой ошибки сводится к вычислению разницы между катетом и гипотенузой.

Раскладка (размотка)



Рис. 5. Пример схемы расположения навигационного оборудования на судне-раскладчике

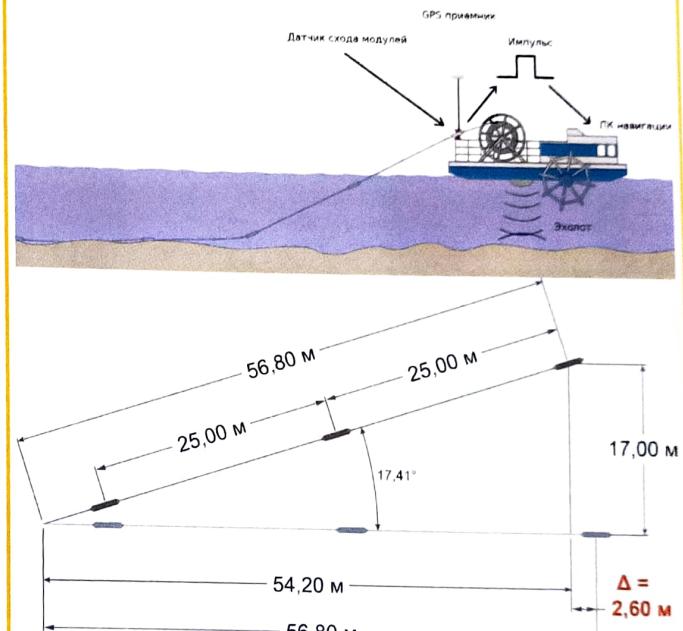


Рис. 6. Схема начала раскладки (сверху) и расчет погрешности (снизу) при натяжении косы 50 м

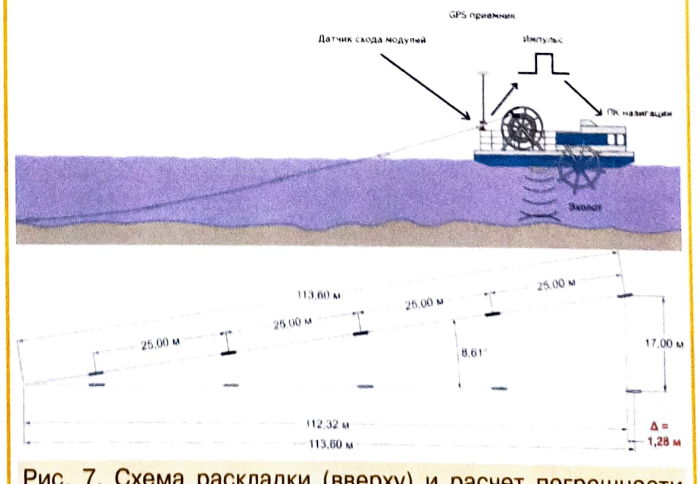


Рис. 7. Схема раскладки (вверху) и расчет погрешности (внизу) при натяге косы более 100 м



Таблица 1

Натяжение кабеля, кгс			100		200	
Вес кабеля в воде, кг/км			440		440	
Высота ДСМ над уровнем воды, м	Глубина, м	Высота ДСМ от дна, м	Длина натяга косы, м	Погрешность позиционирования, м	Длина натяга косы, м	Погрешность позиционирования, м
1,5	0,5	2	56,8	0,04	113,6	0,02
1,5	1,5	3	56,8	0,08	113,6	0,04
1,5	2,5	4	56,8	0,14	113,6	0,07
1,5	3,5	5	56,8	0,22	113,6	0,11
1,5	4,5	6	56,8	0,32	113,6	0,16
1,5	**5,5**	**7**	**56,8**	**0,43**	**113,6**	**0,22**
1,5	6,5	8	56,8	0,57	113,6	0,28
1,5	7,5	9	56,8	0,72	113,6	0,36
1,5	8,5	10	56,8	0,89	113,6	0,44
1,5	9,5	11	56,8	1,08	113,6	0,53
1,5	**10,5**	**12**	**56,8**	**1,28**	**113,6**	**0,64**
1,5	11,5	13	56,8	1,51	113,6	0,75
1,5	12,5	14	56,8	1,75	113,6	0,87
1,5	13,5	15	56,8	2,02	113,6	0,99
1,5	14,5	16	56,8	2,3	113,6	1,13
1,5	**15,5**	**17**	**56,8**	**2,6**	**113,6**	**1,28**
1,5	16,5	18	56,8	2,93	113,6	1,44
1,5	17,5	19	56,8	3,27	113,6	1,6
1,5	18,5	20	56,8	3,64	113,6	1,77
1,5	19,5	21	56,8	4,02	113,6	1,96

косы может производиться либо свободно (без натяжения косы), либо с натяжением косы. Из иллюстраций 6 и 7 видно, что геометрическая погрешность растет с глубиной, но уменьшается при более длинном провисе косы при укладке, т.е при росте натяжения косы. Натяжение косы необходимо также и для обеспечения продольной прямолинейности раскладки. Специализированные суда-раскладчики с колесным приводом класса «Тортуга» в состоянии обеспечить статическое натяжение до 1200 кг, а также весьма точно поддерживать его при раскладке. Натяжение менее 100 кг не применяется на практике из-за малой стабильности судна при небольшой тяге. Чаще всего, даже для неглубоких профилей, используется натяжение от 200 кг. На предельном мелководье (менее метра) целесообразно использовать минимальное натяжение с целью снижения расхода топлива и повышения производительности. Электропривод лебедки спуско-подъемного устройства управляется микропроцессорным частотным преобразователем, имеющим режим принудительного регулируемого торможения постоянным током, что позволяет надежно стабилизировать натяжение косы при ее размотке с минимальным участием персонала.

В таблице 1 представлены расчетные значения погрешности позиционирования приемных модулей на разных глубинах при разном натяжении.

Данные, приведенные в табл. 1, демонстрируют зависимость ошибки от глубины раскладки и натяжения косы.

Для глубин до 10 метров ошибка никогда не превышает 2 метра в продольном и 20 см в поперечном направлениях. Это существенно меньше ошибки, присущей распространенным системам акустического позиционирования (типа Sonardyne).

На глубинах до 6 метров погрешность настолько мала, что становится нецелесообразным использование дорогостоящих гидроакустических систем позиционирования даже для целей контроля раскладки.

С глаз долой, из сердца вон! Опыт применения бескабельной системы ZLand® в сложных условиях

Джим Блатмэн (Jim Blattman), Менеджер по сбыту, компания FairfieldNodal

В процессе выполнения сейсморазведочных работ полевикам-геофизикам приходится зачастую сталкиваться с множеством проблем, необходимость решения которых снижает производительность работы наземной партии, иногда вплоть до полной ее остановки. К наиболее часто встречающимся случаям, мешающим проведению работ, относятся: повреждения кабеля и его обрывы животными, такими как крупный рогатый скот или грызуны; повреждения кабеля транспортными средствами, ударами молний, огнем; шум ветра, статическое электричество; необходимость решения вопросов, связанных с получением разрешения на проведение работ в сельхозугодьях; экологические проблемы. Сюда же можно отнести проблемы, связанные с недостатками «культурного воспитания» отдельных представителей местного населения, а именно: воровство и вандализм.

Вы когда-нибудь думали о тех преимуществах, которые можно получить, закопав все Ваше сейсмическое оборудование в землю? Конечно, с кабельными системами это сделать довольно-таки сложно, поскольку для этого понадобится много времени и сил. Но в некоторых безвыходных ситуациях копать траншеи для кабеля приходится и это ложится тяжелым бременем на партию. Большинство радио- и беспроводных телеметрических систем, будучи закопанными в землю, не работают и, следовательно, эта опция Вам также не доступна. Некоторые из Вас закапывали свои кабельные системы с намерениями более никогда их не увидеть. Поверьте мне, я Вас понимаю.

Вместе с тем, если бы Вы могли и имели возможность закопать Ваше оборудование без особых усилий и издержек, то почему бы этого не сделать? Вы получите предостаточно преимуществ. Ведь простое закапывание наземного оборудования практически устраняет все выше перечисленные проблемы.

При работе с модульной системой ZLand® в районах, где воровство и вандализм по отношению к Вашему оборудованию вполне реальны, нужно просто закопать модули, удалить геодезические маркеры и уйти прочь. Нельзя украсть то, что не видно. Воры и вандалы обычно не очень трудолюбивы. Они склонны к поиску лёгкой добычи. Вора будет сдерживать сама необходимость реализации процесса кражи модуля. Во-первых ему необходимо провести поиск, чтобы обнаружить модуль. Затем использовать лопату, чтобы откапать его. Затем потратить время и силы, чтобы открыть его и обнаружить, что

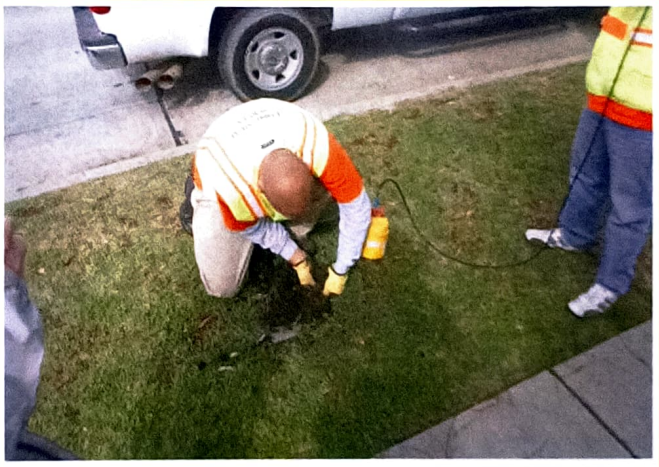


Рис 1. Установка модуля в городской среде



Рис 2. Установленный модуль





Рис 3. Кабель в опасности



Рис 4. Свидетельство укусов животных



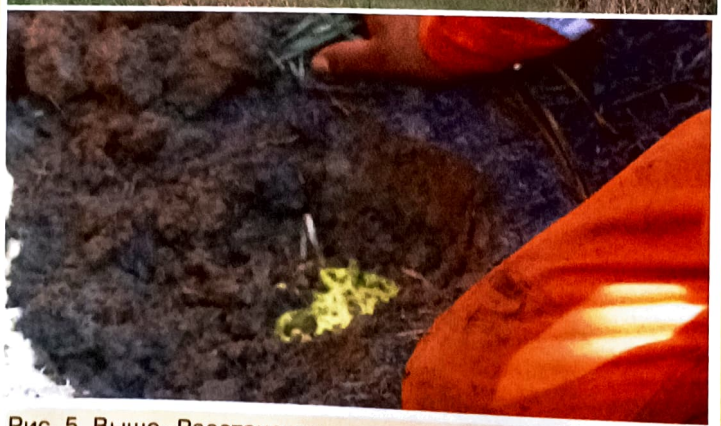


Рис. 5. Выше -Расстановка модулей ZLand® под огнем
Ниже - После того, как огонь ушел

там нет ничего такого, ... можно было бы ... использовать или продать. Вор может взять один модуль но скорее всего не будет утруждать себя, чтобы найти другой.

Всем, кто в процессе выполнения работ хоть в какой-то степени был связан с кабелями и группами хорошо известно, что утечка может оставаться незамеченной до того момента, когда становится уже поздно что-либо исправить. Иногда утечка может быть вызвана незначительным укусом грызуна и повреждением кабеля или отсутствием уплотнительных колец на разъемах. Пока погода хорошая эти типы системных сбоев остаются незамеченными. Но начинается дождь и Вы вынуждены останавливать партию и привлекать ее персонал к ремонту кабелей.

Установка системы модулей ZLand® на территории, где присутствуют животные, имеет большой смысл. Животные не могут грызть кабель, потому что в системе ZLand® кабеля просто нет. Если Вы пойдете дальше и закопаете модули на территории, где присутствуют животные, Вы можете быть уверены, что с расстановкой ничего не случиться.

Огонь! Это слово вызывает образы тотального опустошения кабельной партии. Для партии с модулями ZLand® огонь не представляет никакой опасности. В районах, где практикуются подсечное-огневое земледелие или обжиг сахарного тростника, модули ZLand® закапывают. Почва является очень хорошим теплоизолятором и закапывание модуля на несколько сантиметров вглубь, это именно то, что необходимо для защиты модуля от повреждения.

Если в кабельную систему ударит молния, то нетрудно

представить, какой значительный ущерб вызовет весь этот проводящий кабель, разложенный по местности. А теперь представьте себе модульную систему, в которой полностью отсутствуют кабели и вообще какие-либо соединения между модулями и каждый модуль электрически изолированный. Существует лишь единственный шанс повреждения молнией модульной расстановки. Это прямое попадание молнии в модуль (ни разу не случилось на дату написания этой статьи), которое само собой приведет к его полному испарению. Однако это никак не скажется на остальной расстановке, поскольку все модули в ней электрически изолированные.

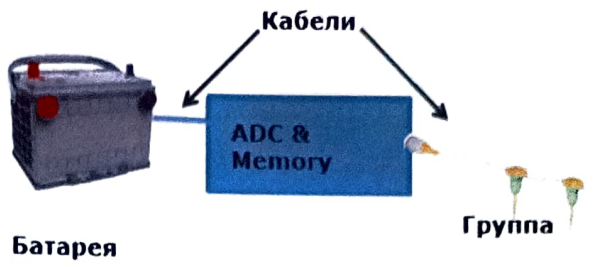


Рис 6. "Минимум-Кабельная" система



Рис 7. Установка модуля в городской среде

По своей природе система ZLand® менее восприимчива к шумам, вызываемым ветром. Чтобы почувствовать разницу, все, что вам нужно сделать, это посмотреть на количество оборудования в кабельной системе, на которое воздействует ветер. Геофоны очень чувствительны к любой вибрации, возникающей и передающейся по кабелю либо при прямом воздействии ветра на кабель, либо при воздействии на него качающейся растительности. С другой стороны, воздействие ветра на закопанный модуль либо незначительное, либо вообще отсутствует.

При отсутствии кабелей значительно упрощается процедура получения разрешений. Фермеры, владельцы земель, более склонны к разрешению доступа на свои угодья бескабельной партии, нежели партии с кабелями. Закапывание модулей во время работы вокруг фермерских хозяйств позволяет фермерам обрабатывать свои земли без повреждения расстановки и, таким образом, увеличивает производительный сезон.

Если Вы хоть раз в прошлом сталкивались с одной из перечисленных выше проблем и Вас пугает возможность снижения производительности работ в ходе реализации Вашего следующего сейсмического проекта, то, как Вы думаете, что Вы должны предпринять, что бы избежать будущих проблем? Если же это Ваш первый опыт реализации сейсмического проекта, то даже и не думайте использовать кабельные системы. Просто сделайте шаг в будущее!

Модули ZLand® были установлены на всех континентах Земли, кроме Антарктики, с получением выдающихся результатов. Мы предлагаем Вам иммунитет от всех этих проблем из прошлого. Оставьте кабели позади. Шагните в модульную сейсмическую эпоху и ставьте на Ваши проекты с уверенностью.



Здесь ни один другой комплекс не сделает того, что сделает наш.

Наши действительно бескабельные комплексы позволяют обходиться без поиска неисправностей и обслуживания, так что вы сможете быстро и безопасно получать необходимые вам данные в любом месте.

Используя наши зарекомендовавшие себя комплексы ZNodal, вы повышаете производительность, уменьшаете производственные затраты, сокращаете риски, связанные с безопасностью работ и воздействием на окружающую среду, и обеспечиваете неизменно высокое качество данных.

Чтобы узнать больше, свяжитесь с нашим представительством в Москве по телефону +7 916-370-2620 или по электронной почте dtomashin@FairfieldNodal.com

fairfieldnodal FairfieldNodal.com

SYSTEMS ACQUISITION LICENSING PROCESSING IMAGING

Импульсный источник сейсмических сигналов “Волгарь-20”

ЗАО “ГЕОСВИП”, г. Москва

ЗАО “ГЕОСВИП” в содружестве с Тольяттинским государственным университетом разработан, испытан и выпускается импульсный источник сейсмических сигналов электродинамического типа “ВОЛГАРЬ-20”. Опытно-промышленные испытания источника были выполнены г/п № 1 ОП “СПЕЦГЕОФИЗИКА” ГФУП ВНИИГЕОФИЗИКА, ОАО “СТАВРОПОЛЬНЕФТЕГЕОФИЗИКА” и ТНГ-ГРУП - см. рисунки на сл. страницах.

Источник предполагается использовать для поиска и картирования месторождений углеводородов, рудных, угольных месторождений на глубинах до 1500 м, изучения ЗМС, проведения ВСП (МСК) исследований, изучения и картирования зоны многолетнемерзлых пород, картирования газосодержащих горизонтов при проведении работ на газохранилищах, двухмерной и трехмерной сейсморазведки, воздействия на нефтяные пласты с целью повышения нефтеотдачи, ликвидации прихвата бурильных труб при бурении скважин. Возможноиспользование источника и для возбуждения поперечных волн. Благодаря своим относительно небольшим габаритам и весу источник может транспортироваться легкими грузовиками, вьючными животными, вертолетамиили на полозьях.

Основные технические характеристики источника “ВОЛГАРЬ-20”

- Масса излучателя, кг	300
- Энергия емкостного накопителя, кДж	7,0
- Напряжение на накопителе, В	950
- Напряжение питания, В	380, 50 Гц
- Потребляемая мощность, кВт	1,3
- Частота срабатывания, Гц	0,166
- Амплитуда механической силы на плите, Кн	200
- Длительность импульса силы, мс	3
- Площадь излучающей плиты, кв. М	0,6
- Масса излучателя, кг	300
- Температурный диапазон, °С	-40...+60
- Макс. наклон излучающей плиты, °, до	15

В октябре 2011 г. - январе 2012 г. ОАО “СТАВРОПОЛЬНЕФТЕГЕОФИЗИКА” выполняло работы методом МПВ для изучения

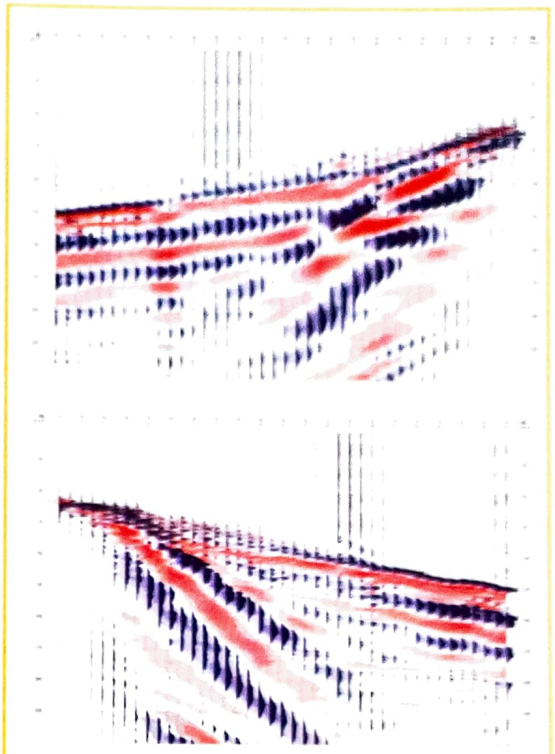


Рис. 1. Сейсмограммы, полученные с источником ИДД-20 "ВОЛГАРЬ"

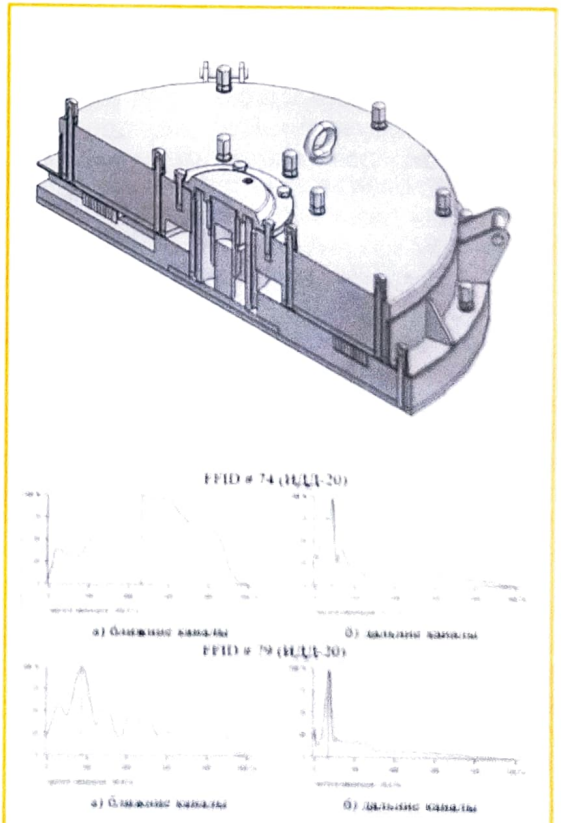


Рис. 2. АЧХ сейсмической записи

верхней части разреза (ЗМС) с применением источника "ВОЛГАРЬ-20". Работы выполнялись на Ахтарском участке на территории Приморско-Ахтарского р-на Краснодарского края. Было выполнено 128 зондов; в качестве регистрирующей аппаратуры использовались сейсмостанция "Прогресс-Л", сейсмокосы МПВ длиной 150 м, 3 шт. Для управления применялась система синхронизации ССВ-2.

Результаты работ оказались неплохими - при сравнении волновых полей на сейсмограммах МПВ, полученных с использованием источника "ВОЛГАРЬ-20" и газодинамического источника СИ-40 - даже не исправленных из-за непостоянства шага ПП - видно, что источник "ВОЛГАРЬ" дает лучшее прослеживание первых вступлений и отражений с меньшей интенсивностью поверхностных волн. Кроме того, как показала обработка, качество синхронизации при работе с накоплением более стабильное, чем у СИ-40.

В сентябре 2011 г. ТНГ-ГРУП, Татарстан с целью выяснения возможности применения источника "ВОЛГАРЬ-20" при проведении сейсморазведочных работ методом прямого МСК были выполнены его испытания при изучении ВЧР на Покровско-Сорочинском ЛУ ОАО "ОРЕНБУРГНЕФТЬ". Для проведения работ была использована одна из специально пробуренных скважин на площади работ глубиной 39 м.

Полученные результаты позволили сделать вывод о возможности проведения площадных сейсморазведочных работ методом МСК с применением электродинамического импульсного источника "ВОЛГАРЬ-20". В качестве его преимуществ по сравнению с аналогичными источниками можно отметить его мобильность, значительно меньшие габариты, простоту и сокращенные сроки обслуживания при подготовительно-заключительных работах, снижающие затраты на проведение полевых исследований.

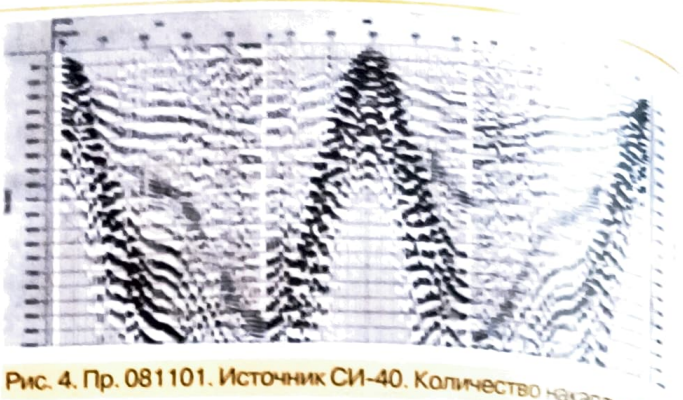


Рис. 4. Пр. 081101. Источник СИ-40. Количество накапливаний 3

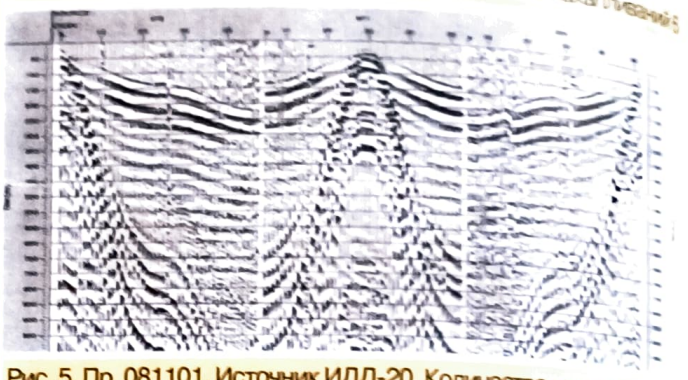


Рис. 5. Пр. 081101. Источник ИДД-20. Количество накапливаний 3

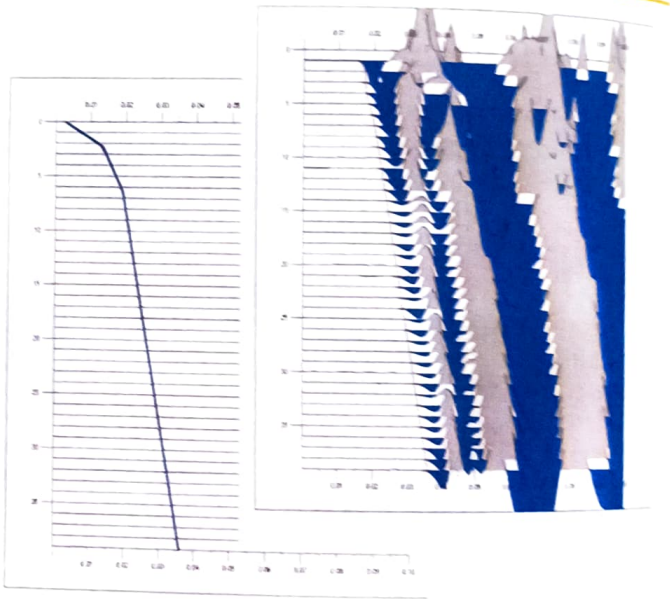


Рис. 6. Годограф и сейсмограммы, полученные с источником "ВОЛГАРЬ-20" при работах МСК, скв. №102, ООО "ТНГ-Групп"

ПРИМЕЧАНИЕ:

Выражаем признательность специалистам ОП "СПЕЦГЕОФИЗИКА", ОАО "СТАВРОПОЛЬНЕФТЕГЕОФИЗИКА" и ТНГ-ГРУПП за предоставленные материалы по результатам опытно-промышленной эксплуатации импульсного электродинамического источника сейсмических сигналов "ВОЛГАРЬ-20".

ЗАО "ГЕОСВИП": 107140,г. Москва, ул. Нижняя Красносельская. 4
Тел. / Факс: (499) 264-6787. E-mail: Info@geosvip.ru

Технологии Leica Geosystems на Восточно-Сургутском нефтяном месторождении

пресс-служба компании ООО"НАВГЕОКОМ",начальник топоотряда С/п №2 ОАО «Самаранефтегеофизика» Юрий Догадин

Один из важнейших этапов геофизических изысканий – геодезическое сопровождение поисково-разведочных работ. Без точных геодезических данных невозможно создать карты, определить координаты и осуществить привязку на местности разведочных скважин, объектов инфраструктуры и эксплуатации месторождений.

Поэтому крупные предприятия, специализирующиеся на поиске и разведке месторождений полезных ископаемых, создают штаты профессиональных геодезистов-топографов и оснащают их самым современным и высокотехнологичным оборудованием для сбора и обработки геопространственных данных. Одно из ведущих в России предприятий, оказывающее полный комплекс услуг по поиску и разведке нефтяных месторождений, – ОАО «Самаранефтегеофизика».

Компания была образована в 1996 году на базе треста «Куйбышевнефтегеофизика», который с 1947 г. занимался проведением полевых сейсморазведочных и промыслово-геофизических работ на территории Волго-Уральского региона. В настоящее время ОАО «Самаранефтегеофизика» выполняет поисково-детальные и детализационные (на месторождениях) сейсморазведочные работы на лицензионных объектах заказчиков в Самарской, Саратовской, Оренбургской, Тюменской и Томской областях, а также на территории Ханты-Мансийского автономного округа.

Один из ключевых пунктов политики компании в области качества предоставляемых услуг – применение высокотехнологичного оборудования в топогеодезии. Поэтому геодезисты предприятия применяют в своей работе GNSS оборудование швейцарской корпорации Leica Geosystems. Крупный и ответственный проект, который геодезическая служба «Самаранефтегеофизики» выполнила с его применением – сопровождение работ на Восточно-Сургутском нефтяном месторождении. Заказчиком выступило дочернее предприятие «Роснефти» – ООО «РН-Юганскнефтегаз».

В задачу топографов входил вынос в натуру точек по проектному каталогу координат, создание профилей и подготовка каталогов координат вынесенных точек. Работы осуществлялись в районе горнолыжного курорта «Каменный мыс», недалеко от г. Сургут Ханты-Мансийского автономного округа.

Для производства работ специалисты геодезической службы «Самаранефтегеофизики» выбрали трехчастотный

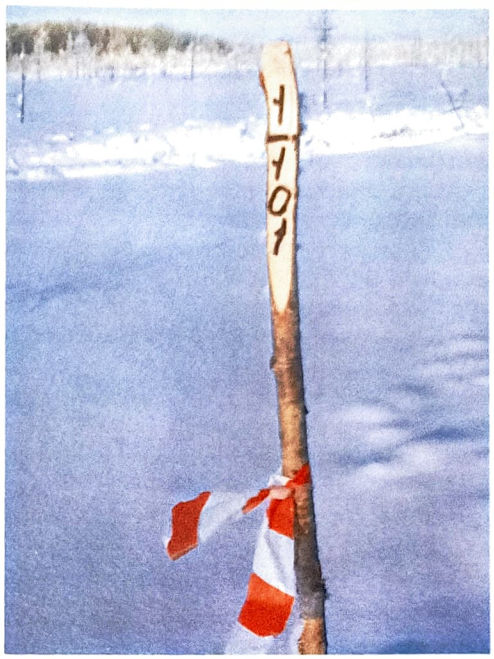


Рис. 1. Первый вынесенный пикет Восточно-Сургутского участка

GNSS приемник геодезического класса Leica Viva GS10 с полевым контроллером Leica CS 10. В центре участка работ была установлена базовая станция с укрепленным на ней радиомодемом, после чего полевые бригады выдвигались на маршрут с передвижными приемниками. Максимальное удаление топографов от базовой станции составляло 15 километров в условиях сильно залесенной пересеченной местности, однако, оборудование Leica показало себя с лучшей стороны.

Рассказывает начальник топоотряда С/п №2 ОАО «Самаранефтегеофизика» Юрий Догадин: «Это был первый сезон, когда мы работали с приемниками Leica: радиомодем укрепили на базовой станции и работали с роверами. Охват радиомодема – прекрасный. Дальность радиосвязи для меня – очень большой плюс. Мы сэкономили благодаря этому много времени: меньше перестановок базовой станции, меньше лишних операций выполнять надо. В прошлом году мы работали с оборудованием другого производителя, и нам пришлось, чтобы такой же объем работ сделать, устанавливать дополнительно три базовые станции. В этом году мы обошлись одной базовой станцией и репитером».

Репитер потребовался топографам в силу значительной пересеченности местности: «В северной части района был высокий бугор. Базовая станция стояла на высотной отметке 34 метра, а бугор был



Рис. 2. Приемник Leica GS10 с внешней антенной, укрепленной на рюкзаке

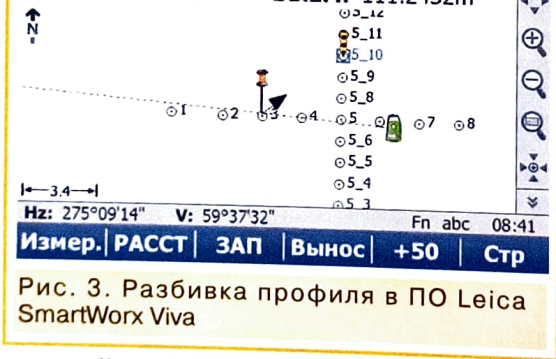


Рис. 3. Разбивка профиля в ПО Leica SmartWorx Viva

высотой до 90 метров и закрывал прямую видимость. Радиосигнал сбивался из-за него, поэтому мы ставили репитер в поле. С репитером вся площадь была охвачена четким радиосигналом», - поясняет Юрий Догадин.

Работы производились в зимнее время, когда температура воздуха опускалась ниже –30°С, однако, на таком морозе приемники Leica уверенно производили измерения: «Приемники работали нормально, и точность была высокой. Очень большой плюс, что у Leica GS10 большая емкость обеих батарей. Заряда хватает на полный рабочий день, даже при низких температурах. При этом к концу рабочего дня у второй батареи остается еще процентов 70-80 неизрасходованного заряда», – отмечает геодезист.

На маршрутах топографы переносили передвижные приемники в рюкзаках. В приемниках Leica GS10 предусмотрен разъем для подключения внешней антенны. Такая конструкция позволяет поместить приемник в рюкзак, а антенну вынести наверх, например, укрепив на рюкзаке. При этом в руке топографа остается только контроллер для управления GNSS приемником. Такой способ переноски важен, когда геодезисту приходится совершать длительные переходы и добираться по глубокому снегу до труднодоступных точек, как это было на «сургутском» участке.

Работа топографов на участке Восточно-Сургутского месторождения была осложнена наличием на нем государственного природного заказника, из-за чего значительную часть пикетов пришлось выносить: «Выносов было много, 2/3 пикетов вынесены в сторону от проектных, поскольку лесники не разрешали рубить 4-метровые просеки в заказнике. И вынос взрывных пикетов на очень большое расстояние получался», – рассказывает Юрий Догадин. Для решения подобных задач в полевом программном обеспечении Leica SmartWorx Viva предусмотрена функция выноса проектных точек в натуру с возможностью автоматического расчета обхода препятствий с заданным интервалом.

Запись данных в приемниках Leica GS10 может осуществляться на карты памяти SD (Secure Digital). Объема памяти таких карт – 1 Гб – достаточно для хранения данных полевых измерений, произведенных более чем за год. Это – важное преимущество для топографов, которые значительное время проводят в поле, не имея доступа к стационарным компьютерам.

Еще один безусловный плюс GNSS оборудования Leica, который отметили геодезисты «Самаранефтегеофизики», – это отсутствие переходных кабелей между контроллером и приемником. В зимних условиях, когда, в основном, и производятся геодезические работы в геофизике, использование дополнительных кабелей может создать лишние проблемы: на морозе, при частых перегибах кабеля пластиковая оболочка может просто лопнуть, и связь контроллера с приемником будет потеряна. Для того чтобы подобной проблемы не возникло, в контроллерах и приемниках Leica, наряду с кабельным соединением, предусмотрена возможность обмена данными через модуль Bluetooth.

По итогам полевого сезона, во время которого GNSS оборудование Leica показало себя с лучшей стороны, топографической службой ОАО «Самаранефтегеофизика» были подготовлены каталоги координат и высот, что позволило компании произвести геофизические изыскания в районе Восточно-Сургутского месторождения.



О влиянии параметров вибрационного возбуждения на качество сейсмического полевого материала

Больбат В.М., Каримов И.И., ОАО «Интегра-Геофизика», г. Тюмень

Современные задачи сейсморазведочных работ 3D на месторождениях, требующих уточнения модели гидро - геологического строения, мониторинга запасов УВ и прочей детализации, предполагают получение для этих целей высококачественных исходных полевых записей, характеризующихся высокой динамической выразительностью (отношение сигнал/шум (S/N)) и широким спектром регистрируемых частот для расчленения тонкослоистых пачек разреза с акустическими невыразительными границами раздела.

Но на фоне повального увлечения необходимостью повышения значений S/N и доминантной частоты сигнала (допустимые значения которых для конкретных участков съемки 3D корректно не определяются) службы контроля качества зачастую забывают о контролируемых сигналах возбуждения, искажения которых приводят к необратимым изменениям регистрируемого волнового поля сейсмограмм, исключающим возможность использования таких данных не только для динамического анализа, но и для точных структурных построений.

1. Об оптимизации количества накоплений в работах с вибрационными источниками сейсмических колебаний

В зимнем полевом сезоне 2011-2012 г.г. на одном из лицензионных участков ХМАО-Югра Тюменской области сейсмопартией ОАО «Интегра-Геофизика» были выполнены сейсмоработы 3D с основными технико-методическими параметрами, представленными в таблице 1

Геологическим заданием предусматривалось решение задач, обуславливающих необходимость получения выразительных по частоте и динамике исходных данных.

Поверхностные сейсмогеологические условия затрудняли проведение работ. Состав пород ВЧР литологически не выдержан, представлен переслаиванием супесей, суглинков, песков (местами с галькой) и глин.

Развиты меняющиеся по площади криолитозоны, имеющие преимущественно двухслойное строение с разобщенным залеганием многолетней (реликтовой) мерзлоты.

Прерывистость криолитозон обусловлена широким распространением надмерзлотных таликов, особенно по долинам рек. Глубина залегания нижней границы мерзлоты составляет 330-350 м.

Неблагоприятные для подготовки взрывных скважин условия ВЧР-ЗМС и экологические ограничения предопределили использование на этом проекте

Таблица 1. Основные показатели работ

Вид работ	МОВ ОГТ-3Д (центрально-симметричная "крест")
номинальная кратность	35
всего активных каналов	1120
расстояние между ПВ и ПП, м	50
расстояние между ЛВ/ЛП, м	400/300
минимальное удаление В-П, м	35
максимальное удаление В-П, м	3143
группирование сейсмоприемников	12 параллельно-последовательных GS-20DX на базе 33 м.
тип источника возбуждения	Вибратор Mertz-18 на базе Nodvel 320
к-во вибраторов в группе	3
база группы вибраторов, м.	30
длина свипа, сек.	16
к-во накоплений	4-16
тип свипа	линейный
частота свипа, Гц	10-100
усилие воздействия на грунт, %	70
начальный/конечный конус, сек	1/0,5
сейсмостанция	Sercel -408 UL
ФВЧ	3 Гц
ФНЧ (антиаляйсинговый фильтр)	s Nyguist
шаг квантования, мс	2
длина записи, с	5

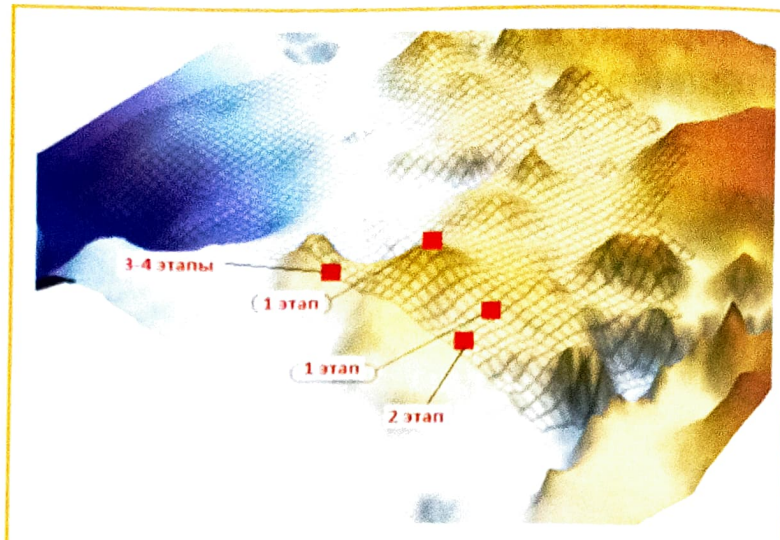


Рис.1.1. Участки опытных работ

вибрационных источников Nodvel 320 (общий вес 29,5 т, максимальное усилие 222 kH, система управления VE-432).

Для выбора оптимальных параметров возбуждения (параметры приема и регистрации не тестировались) на 4-х характерных участках площади проведено 4 этапа опытных работ (рис.1.1.) с определением всех характеристик вибрационного излучения, основными из которых стали:

- начальная и конечная частота развёртки свип-сигнала;
- длительность свипа;
- количество накоплений при 4, 3, 2 источниках в группе.

Одним из основных факторов, определяющим производительность работ является количество накоплений на пикете, поэтому, естественно, перед Подрядчиком встала задача минимизации числа воздействий без ущерба качеству данных.

Инструментальный в ПО ProMAX количественный анализ атрибутов записи выполнялся в окнах на средних удалениях, а по времени - для шума до первых вступлений, для сигнала ... уровне целевых горизонт... (2-3 с).

Результатами обработ... материалов опытных раб... стали свидетельства возм... ности снижений количеств... накоплений до 6, а при уро... не микросейсм менее 2-... мкВ до 2-4, что подтвержда... ется графиками поведени... доминантной частоты ... амплитуды сигнала (рис.1.2).

При увеличении колич... ства накоплений выше 6-т... ключевые параметры сейс... мической записи, влияющие на разрешенность времен... ных разрезов и определяю... щие, соответственно, итого... вую точность и детальность их интер... претации, не улучшаются. При этом уро... вень изменений находится в пределах возможной погрешности оценки.

Убедительнее всего смотрятся в сравнении АЧХ исходных коррелограмм (рис.1.3,1.4), подтверждающие теорети... ческие предпосылки о существенных потерях высокочастотных составляющих колебаний при увеличении количества суммируемых записей.

Дополнительным статистическим ана... лизом данных, отсортированных по пунк... там приема (рис.1.5, 1.6), подтверждены ранее сделанные заключения :

- соотношения сигнал/микросейсм заметно не меняются (в основном более 15);
- доминантная частота сигнала при 6 накоплениях в среднем выше (частот... выше 20 Гц заметно больше).

Парадоксальная, на первый взгляд, не очень заметная зависимость динамических характеристик сигнала и шума от количества накоплений (в определенном их диапазоне) объясняется влиянием так называемого МР- фактора, который при

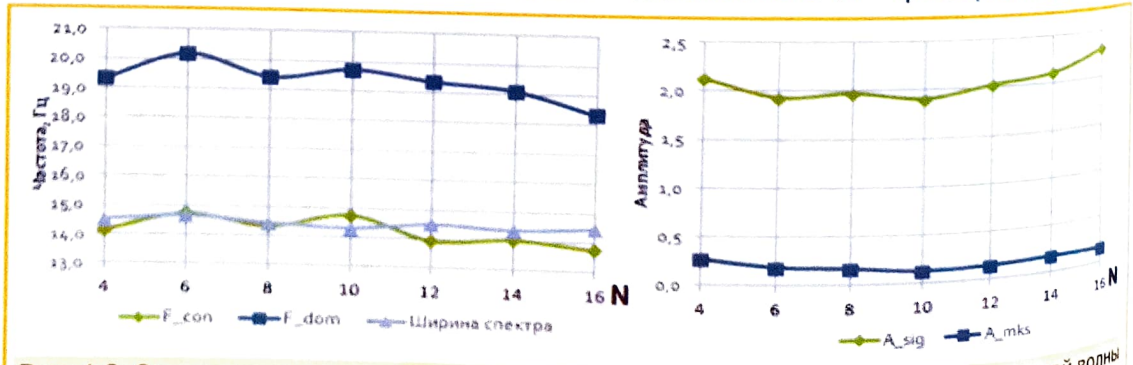


Рис. 1.2. Зависимость частоты сигналов полезного (F_dom), в конусе поверхностной волны (F_con), ширины спектра в окне целевых отражений и амплитуд сигнала и микросейсм от количества воздействий на ПК.

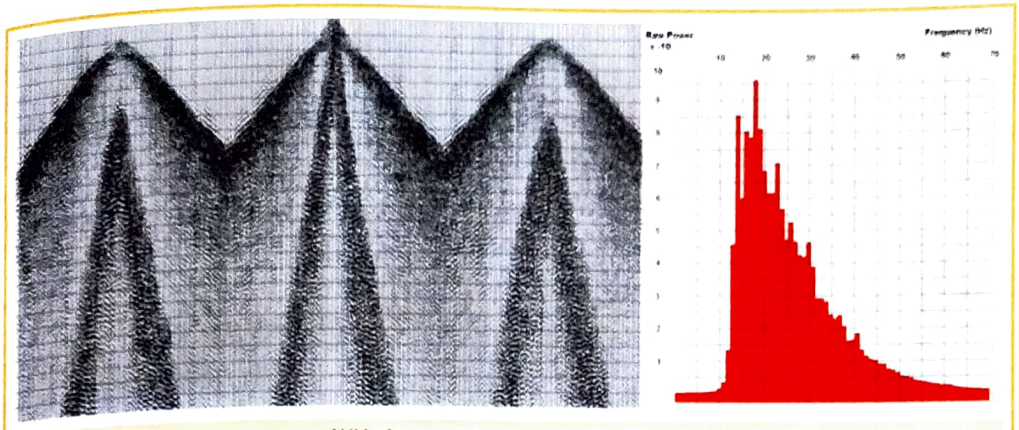


Рис. 1.3. Коррелограмма и ее АЧХ, 4 накопления

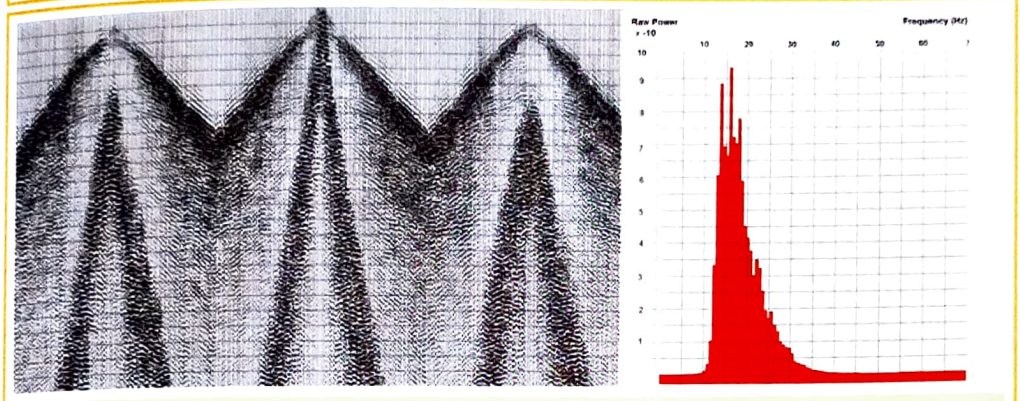


Рис. 1.4. Коррелограмма и ее АЧХ, 16 накоплений

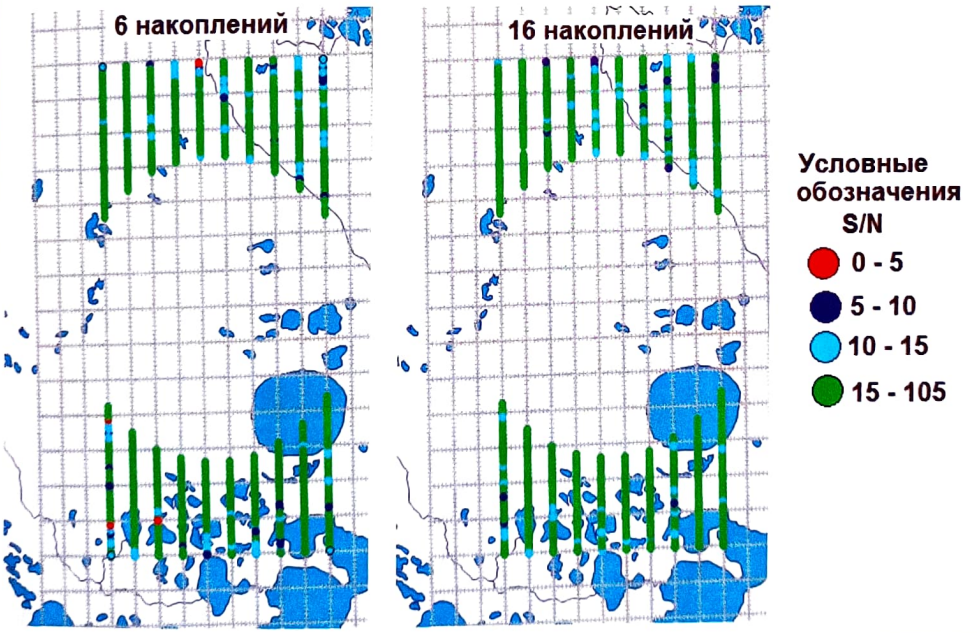


Рис.1.5. Соотношение сигнал/микросейсмы по ПП, 6 и 16 накоплений

считывании записанных на сейсмостанции данных должен учитываться в виде коэффициента нормировки (K1*K2)

В таблице 2 приведены тестовые исходные значения параметров и соответствующие для них K2 и амплитуда сигнала для различного количества воздействий.

Полученные табличные значения переведены в графики (рис.1.7), согласованные с практическими результатами. Заметное повышение амплитуд отражений наблюдается до 6 накоплений.

Алгоритм работы МР- фактора под-

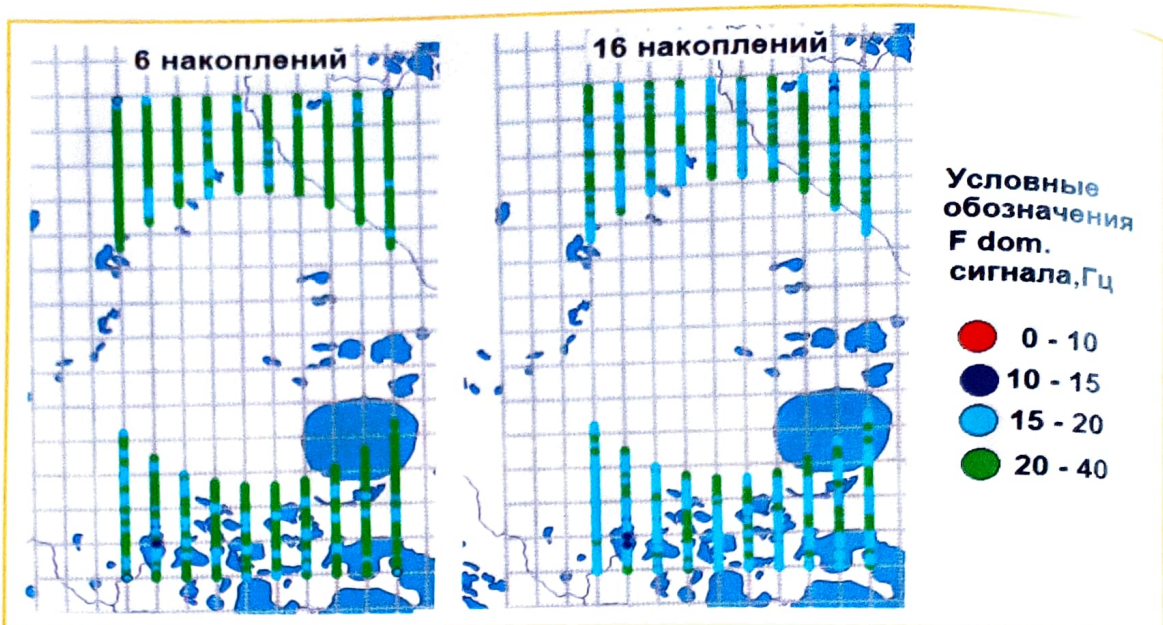


Рис. 1.6. Доминантная частота сигнала по ПП, 6 и 16 накоплений

Таблица 2. Тестовые параметры для расчета К2 и А сигнала

Параметры (значения условные)	Количество накоплений								
	1	2	4	6	8	10	12	14	16
An = максимум автокорреляции пилота	1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
SF = накопленная свертка (амплитуда суммы с учетом A=F(кол-ва накоплений)S)	1,000	1,414	2,000	2,449	2,828	3,162	3,464	3,742	4,000
SFI	1,000	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000
NS = длительность пилота / шаг дискретизации (при 12с и 2 мс = 6000)	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
K2=(2/(An*NS*SFI)) S	0,018	0,014	0,010	0,009	0,008	0,007	0,006	0,006	0,005
A суммы = Const*K2	0,018	0,019	0,020	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022

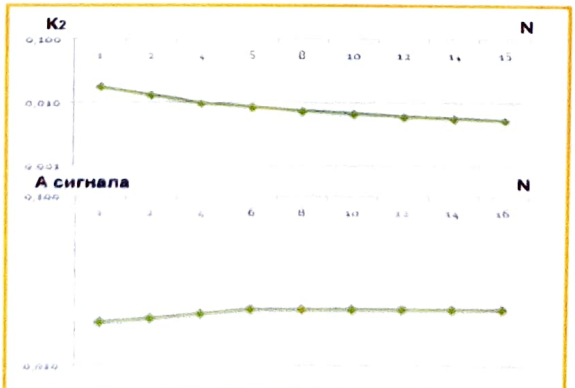


Рис. 1.7. Зависимость коэффициента К2 в значении МР фактора и амплитуды сигнала с учетом МР- фактора от количества накоплений

твержден в ПО ProMAX на конкретных коррелограммах (рис. 1.8.) Без учета МР- фактора амплитуда суммированной записи увеличивается. С учетом МР-фактора амплитуда суммированной записи – снижается с постепенной стабилизацией. Частота при этом не изменяется.

ВЫВОДЫ

Анализ данных показал, что для решения поставленных геологических задач оптимальные спектральные и динамические характеристики получаемых данных достигаются при работе группы из 3-х вибраторов с 4-6 накоплениями. Уровень сигнала практически не меняется после

накоплений более 4-6 (суммирование на станции). При воздействиях от 1 до 2-4 происходит уплотнение грунта, вследствие чего закачиваемая энергия отдельных свипов в этом диапазоне накоплений увеличивается с последующей стабилизацией.

Соотношение сигнал/шум увеличивается за счет статистического подавления микросейсм при увеличении количества суммируемых накоплений до 4-8. Дальнейшее накапливание только ухудшает результат.

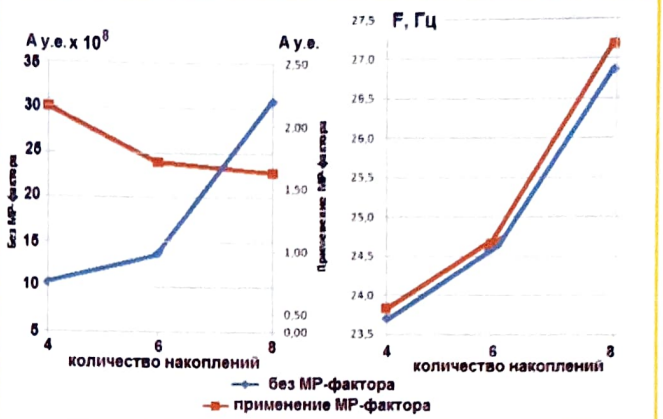


Рис. 1.8. Влияние МР- фактора на амплитуду и доминантную частоту сигнала в зависимости от количества воздействий

Соотношение сигнал/микросейсмы сильно зависит от условий приема, приуроченного к окну анализа.

Доминантная частота сигнала с увеличением накоплений снижается, АЧХ ухудшаются и особенно заметно после 10 свипов.

Для уровня микросейсм 0- 4 мкв рекомендуется 2 накопления.

Для уровня микросейсм 5-8 мкв рекомендуется 4 накопления.

Для уровня микросейсм 8-10 мкв рекомендуется 6 накоплений.

2. О фазовых искажениях вибрационного сигнала

При выполнении одного из проектов 3D ОАО «Интегра-Геофизика» в полевом сезоне 2011-2012 г.г. с использованием вибрационных источников в ходе производственной регистрации, когда уже была отработана значительная часть площади, были выявлены искажения опорного сигнала, используемого для генерирования рабочего свипа. ФАК «пилота» и его спектральные характеристики заметно менялись при перемещении от ПВ к ПВ по профилю (рис.2.1) в сравнении с корректными характеристиками управляющего сигнала после устранения причины искажения (здесь не рассматривается).

Тестирование вибраторов по радиоканалу не выявило критичных фазовых различий свип - сигнала с вибраторов, поскольку сверка в этом режиме выполнялась между Force и Pilot – свипами различных вибраторов, уже имеющих примерно одинаковые искажения, что не выявилось корреляционным определением степени сходимости этих двух

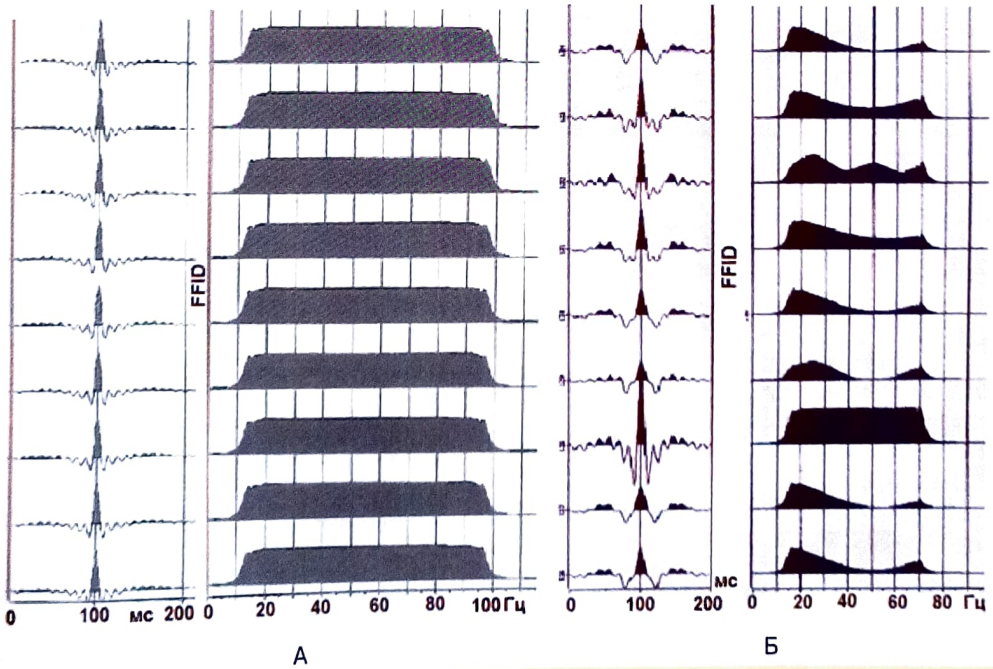


Рис. 2.1. ФАК Pilot – сигнала и его АЧХ, А- нормальные , Б - искаженные по фазе



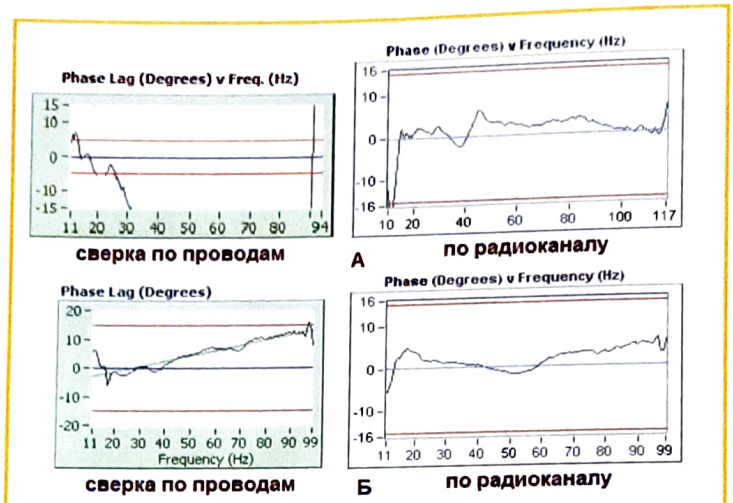


Рис. 2.2. Примеры результатов тестирования виброисточников. А- до, Б - после устранения фазовых искажений

функций (рис.2.2.).

Результаты же сверки по проводам, определяющей ФВК управляющего сигнала с генератора свипа на станции (не искаженного в любом случае) и свипа с вибраторов, уверенно идентифицировали искажения по фазе (левая верхняя диаграмма на рис.2.2.). Так случилось, что службами поддержки вибраторов и контроля качества эти данные на стартовом этапе работ были проигнорированы.

Для оценки влияния недопустимо высоких фазовых отличий в опорном сигнале и сигнале с вибраторов на конечное сейсмическое изображение выполнено моделирование этого процесса на основе:

1. Получения виброграмм путем свертки модели среды (набор дельта-импульсов различной полярности и амплитуды) с опорным свип-сигналом (Pilot) и свипом фактического воздействия плиты одного из виброисточников на грунт (Force). Виброграмма Pilot-модель условно «тестовая», виброграмма Force-модель – «фактическая» (рис.2.3.).
2. Корреляции тестовой и фактической виброграмм с пилотным свипом (получены соответствующие корреллограммы).
3. После каждого этапа рассчитывались функции автокорреляции (для тестовых трасс) и взаимной корреляции (между тестовыми и фактическими трассами).
4. На этапах свертки не учитывалась, как постоянная составляющая, минимально-фазовая фильтрующая характеристика среды, принципиально не влияющая на конечный результат.

Параметры пилотного свип-сигнала:

- Длительность – 16 сек.
- Частотный диапазон – 10-100Гц
- Тип изменения частоты - линейный
- Конусность в начале и в конце возбуждения – 500/500мс

Уже на этапе сравнительных оценок тестовой и фактической виброграмм выявлены фазовые отличия и сдвиг по времени между ними (рис.2.4). Теоретически нуль-фазовая характеристика виброграммы (Autocorrelation) превратилась в смешанно-фазовую (Crosscorrelation).

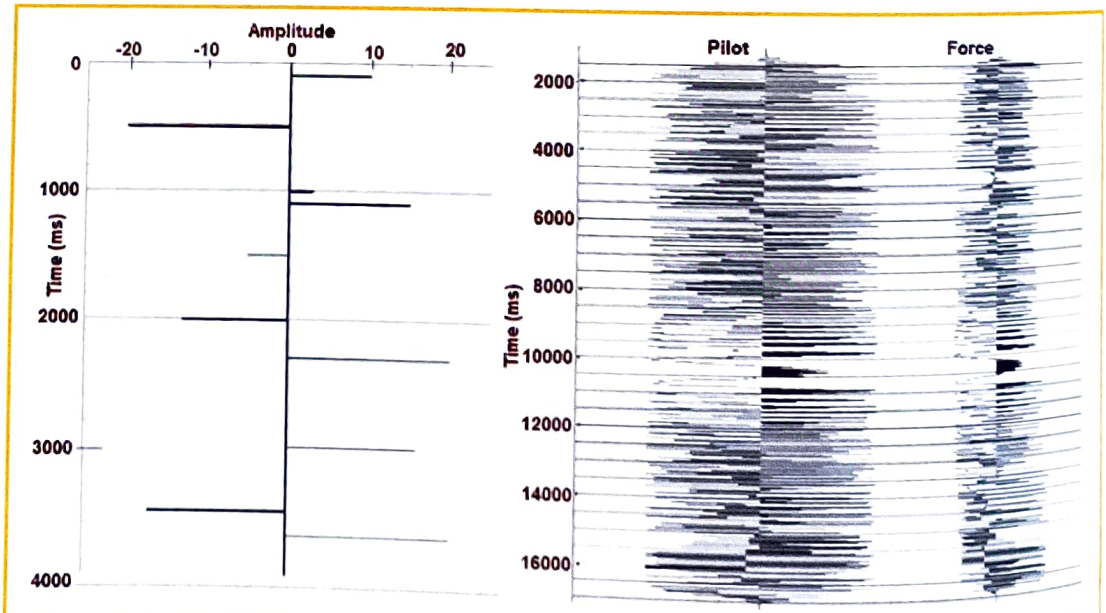


Рис. 2.3. Модель импульсных откликов среды (слева направо), фактические опорный (пилотный) свип - сигнал и сигнал с вибратора (искаженный по фазе).

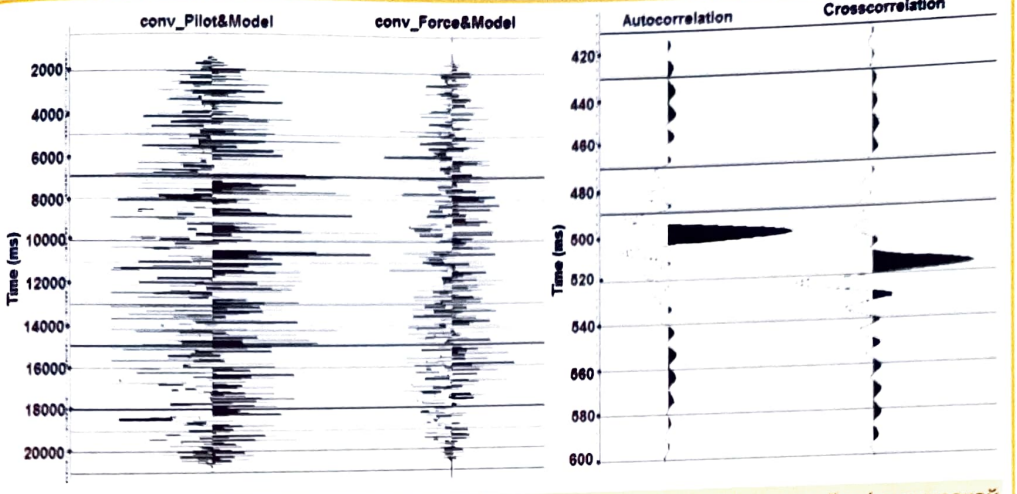


Рис.2.4. Тестовая и фактическая виброграммы, ФАК тестовой и ФВК тестовой и фактической виброграмм

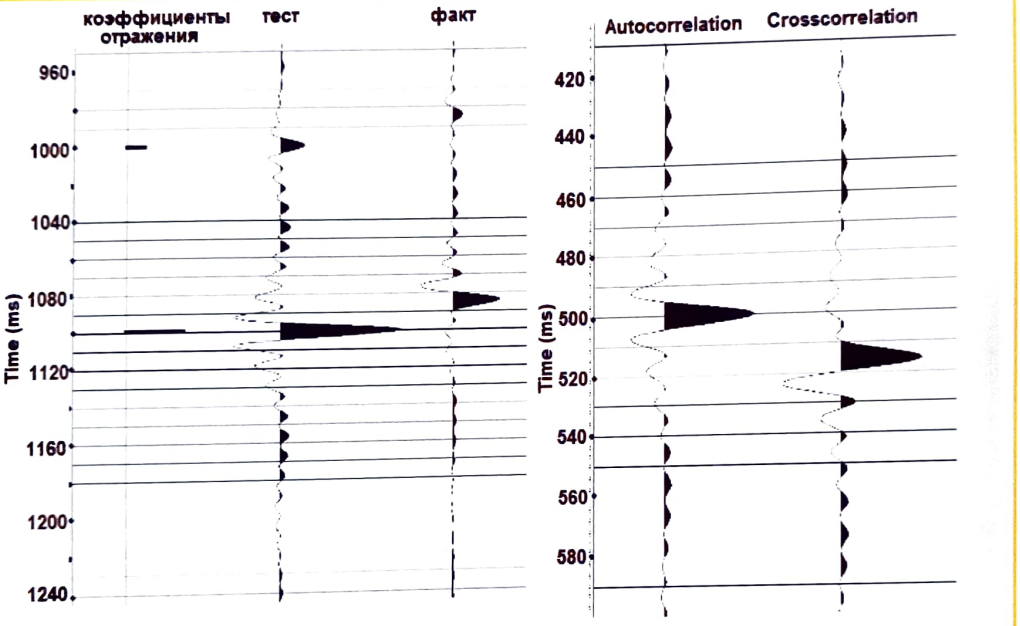


Рис.2.5. Слева-направо: фрагменты акустической модели среды, трасс тестовой и фактической коррелограмм, ФАК тестовой и ФВК тестовой и фактической коррелограмм.

да и еще и со сдвигом по времени.

Аналогичный результат получен и для коррелограммы (свертка вибротрасс с Pilot-сигналом), рис. 2.5.

Таким образом, можно сделать следующий вывод:

Запредельные фазовые искажения между опорным и фактическим свип-сигналами приводят к следующим изменениям регистрируемых импульсов:

- фазовая характеристика меняется с нулевой (без учета минимально-фазовой фильтрационной характеристики среды) на смешанную;
- задержка во времени между тестовыми и фактическими импульсами постоянна (около 15 мс) для конкретного свипа, но меняется в зависимости от фазовых флуктуаций для разных ПВ;
- амплитуда сигнала уменьшается.

Для массива фактически полученных коррелограмм, приуроченных к ПВ с искаженным опорным сигналом, проведена спектральная оценка. Характерный пример данной спектральной оценки приведен на рис. 2.6. Провальная на средних частотах АЧХ искаженного по фазе свип-сигнала, в основном, проецируется на спектральные характеристики окончательного результата.

Установленные закономерности опасны тем, что без знания исходных характе-

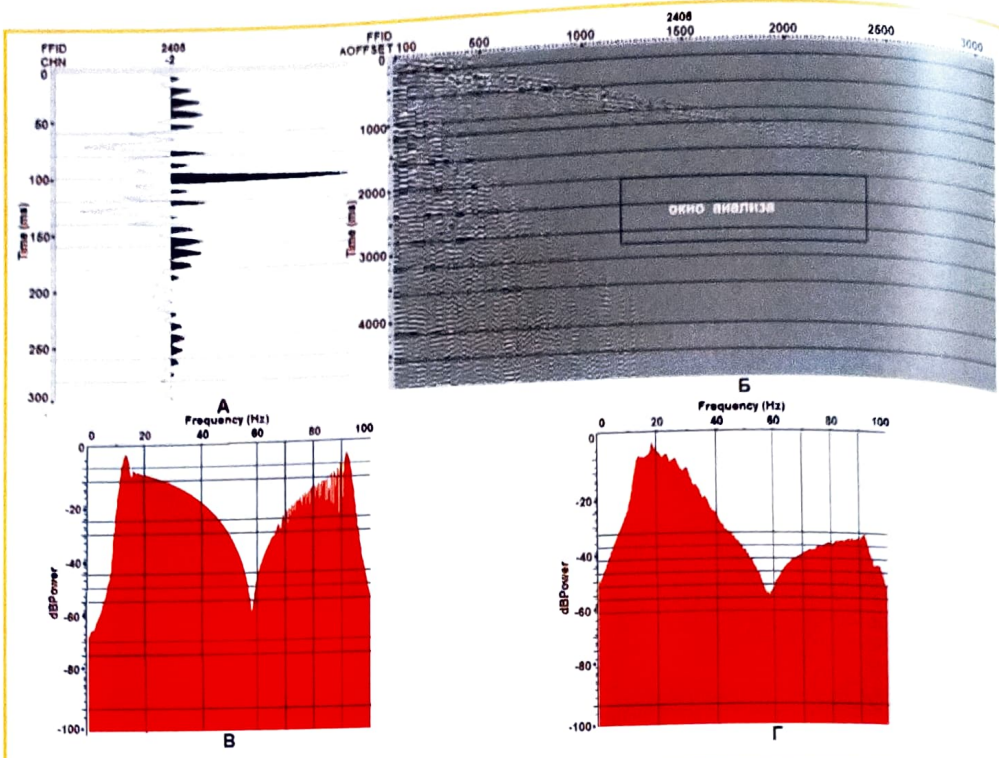


Рис. 2.6. ФАК управляющего сигала (А), коррелограмма (Б) и их АЧХ (В,Г) соответственно

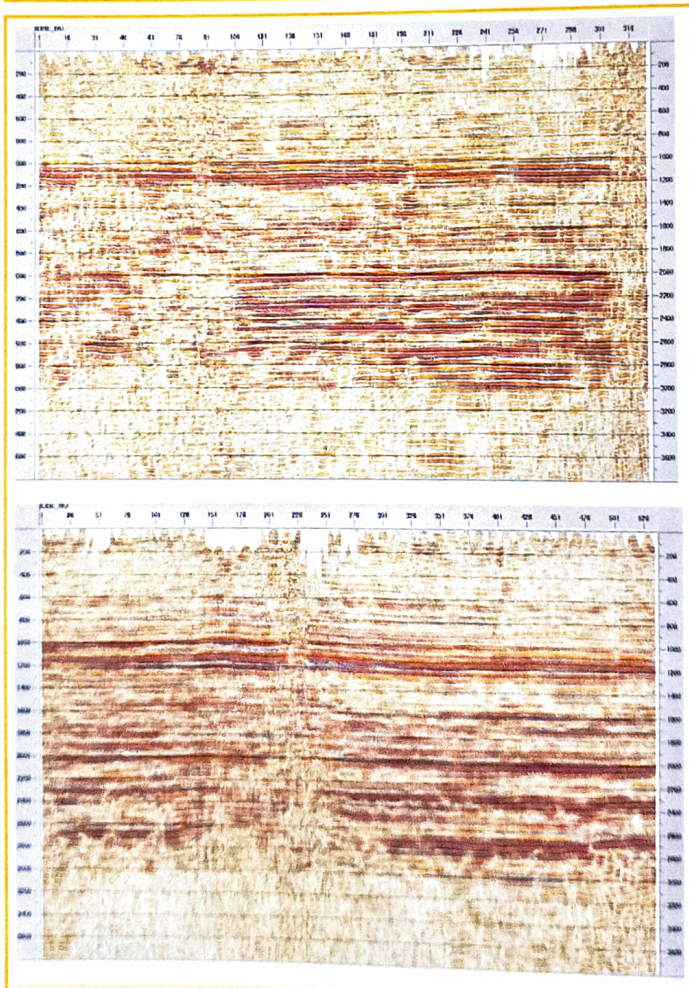


Рис. 2.7. Пример временного разреза с искаженным (верхний) и корректным (нижний) опорным сигналом

ристик вибрационного излучения и тщательного анализа временных разрезах после минимального пакета обязательных процедур обработки, эти искажения нивелируются или не проявляются (рис. 2.7). Но очевидно, что данные для разреза А не могут быть использованы для целей изучения динамических характеристик среды.

Заключение

Если для обеспечения плановой производительности не только без ущерба, но и, зачастую, с повышением качества полевого материала, уместно оптимизировать некоторые параметры свипирования, в частности, количество накоплений на ПВ, то невнимательное отношение к результатам тестирования виброисточников и к анализу служебных каналов может привести к необратимым искажениям формы регистрируемого сигнала, который становится непригодным для решения актуальных геологических задач на эксплуатируемых месторождениях.

В качестве наиболее значимой альтернативы вибросейсмическому методу следует рассматривать кодоимпульсный способ накапливания сейсмических колебаний. В данной части статьи выполнена оценка оптимальных значений параметров однополярных кодоимпульсных сейсмических сигналов ЛИЧ и ЛИП. Увеличение максимальной частоты следования импульсов F_{max} при использовании однополярных развёрток ЛИЧ до 80Гц и более создаёт принципиальные возможности для повышения временной разрешающей способности кодоимпульсного метода до уровня разрешающей способности вибросейсмического метода. Наиболее эффективные последовательности ЛИП формируются при F_{max} =30÷ 40 Гц.

Исследование возможностей кодоимпульсного метода сейсмической разведки

Кострыгин Ю.П., Колесников Д.А., ООО «Новоросморгео», г. Новороссийск

Часть 1. Выбор однополярных кодов

В настоящее время наибольшее применение в невзрывной сейсморазведке получил вибросейсмический метод, использующий гармонические сигналы с изменяющейся частотой. Технология, лежащая в основе такого метода, как правило, обеспечивает высокую геологическую эффективность сейсмических исследований. Однако стоимость сейсмических вибраторов в настоящее время составляет от 500-700 тысяч долларов до миллиона, что создаёт серьёзные экономические проблемы для геофизических организаций. По этой причине в последние годы усилился интерес к использованию в сейсморазведке кодоимпульсных сигналов, т.е. сложных сигналов, представляющих собой последовательности импульсов, следующих в соответствие с заданным кодом. Помехоустойчивость кодоимпульсного метода не уступает помехоустойчивости вибросейсмического метода, вместе с тем, стоимость кодоимпульсных излучателей в 2-4 раза меньше стоимости сейсмических вибраторов.

В данной статье обсуждаются результаты исследований, позволяющие повысить геологическую эффективность кодоимпульсной модификации сейсмической разведки до уровня вибросейсмического метода.

Оценка эффективности и выбор параметров кодоимпульсных последовательностей с линейным изменением частоты следования импульсов (коды ЛИЧ)

При кодоимпульсном возбуждении сейсмических колебаний достаточно важным моментом является вопрос о выборе эффективных кодов. Значительный интерес представляют однополярные последовательности с линейным изменением во времени частоты следования импульсов (коды ЛИЧ) [2].

Для развёрток ЛИЧ с начальной и конечной частотами следования импульсов $F_н$ и $F_к$ при длительности развёртки T справедливо равенство (1), определяющее общее количество импульсов в развёртках

$$N=[(F_н+F_к)/2]\ T \qquad (1)$$

По аналогии с равенством (1) можно составить равенство (2):

$$n=[(F_н+F(t))/2]\ t, \qquad (2)$$

где n – номер импульса, t – текущее время.

Вместе с тем, частоту следования импульсов в момент времени t можно определить следующим образом:

$$F(t)=F_н+(\Delta F/T)\ t \qquad (3)$$

где ΔF - ширина частотного диапазона развёртки.

Подставляя F(t) из равенства (3) в равенство (2) получим квадратное уравнение (4).

$$(\Delta F/2T)t^2+F_н\ t-n=0 \qquad (4)$$

$$t_n=\left(T/\Delta F\right)\left(\sqrt{F_H^2+2n\Delta F/T}-F_H\right), \qquad (5)$$

где t_n –временное положение n-го импульса в развёртке (начальному импульсу присвоен номер «0»).

Рассмотрим вопрос о необходимых значениях максимальной частоты следования импульсов в развёртках ЛИЧ. Для разработчиков кодоимпульсных излучателей это наиболее важный параметр, т.к. обеспечить относительно высокие значения частоты следования импульсов в развёртках технически крайне сложно. Так, на рис. 1 приведены, рассчитанные путём математического моделирования, амплитудные спектры главных максимумов функций взаимной корреляции (ФВК) последовательностей ЛИЧ при различных значениях видимой частоты единичных



импульсов $f_{вид}$ и максимальной частоты следования импульсов F_{max}. Для понимания результатов моделирования мы должны помнить о том, что комплексный спектр импульсной последовательности, а значит и спектр корреляционных импульсов, определяется произведением комплексных спектров функции кода и единичного импульса в развёртке. Т.е. спектр, а значит и форма корреляционных импульсов, зависит не только от спектра единичных импульсов, но и от вида функции кода [2].

При моделировании F_{max} изменялась от 30 Гц до 80 Гц. Минимальная частота следования импульсов F_{min} равнялась 10 Гц. Кодоимпульсные последовательности были составлены из импульсов с колокольной огибающей, т.е.

$$f(t) = \exp(-\beta^2 t^2)\cos(2\pi f_{вид} t), \quad (6)$$

При этом соблюдалось условие $\beta/f_{вид}=1$, где β – коэффициент затухания импульса. Использовались импульсы с видимой частотой 25 Гц, 35 Гц, 45 Гц и 55 Гц.

Временное сжатие импульсных последовательностей $X(t)$ осуществлялось путём корреляционной свёртки $X(t)*K(-t)$, где $K(t)$ – функция кода последовательности. Такой вид корреляционной обработки по существу исключает операции умножения и поэтому называется способом суммирования.

Анализ корреляционных функций импульсных последовательностей осуществлялся путём вычисления динамического диапазона корреляционного преобразования $D(\tau)$ и амплитудного спектра главного максимума ФВК в окне ≈ 200 мс. Динамический диапазон преобразования, определяющий относительный уровень пиковой амплитуды главного максимума ФВК по сравнению с уровнем помех корреляционного преобразования, рассчитывался по формуле

$$D(\tau) = 20 \lg A_{max}/\sigma(\tau), \quad (7)$$

где A_{max} – пиковая амплитуда главного максимума ФВК; $\sigma(\tau)$ – среднеквадратичная амплитуда корреляционного фона во временном окне 0,5 с.

Из рис. 1 следует, что при $f_{вид}$=25 Гц и F_{max}=30 Гц спектр ФВК характеризуется чрезвычайно острым резонансом на частоте 27 Гц и правой граничной частотой в области 31-34 Гц, что связано с соответствующим ограничением спектра функции кода. По мере увеличения F_{max} наблюдается расширение спектра в область верхних частот, а начиная с F_{max} = 50 Гц спектр ФВК приобретает форму спектра единичного импульса. Дальнейшее повышение F_{max} не приводит к изменению спектра ФВК. Незначительное смещение частоты максимума спектра ФВК вправо по отношению к $f_{вид}$ связано с тем обстоятельством, что спектр функции кода ЛИЧ имеет некоторый наклон, обуславливающий равномерное увеличение спектральной плотности с ростом частоты.

При $f_{вид}$ =35 Гц и F_{max} = 30 Гц спектр ФВК имеет весьма сложную форму и

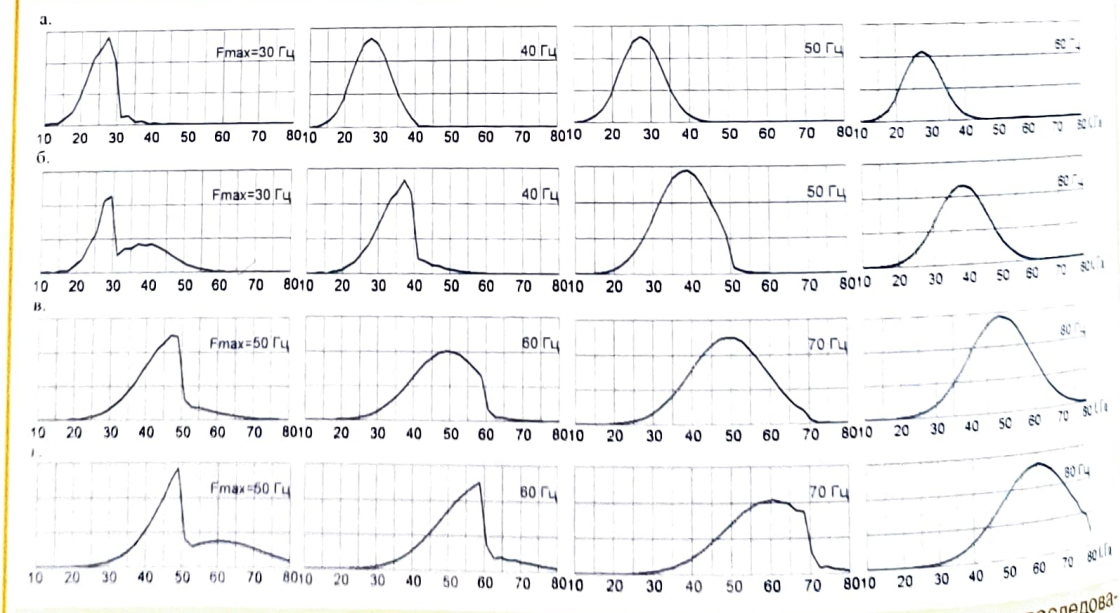


Рис. 1. Зависимость формы спектра главного максимума ФВК кодоимпульсных последовательностей ЛИЧ от F_{max} и $f_{вид}$.
а - $f_{вид}$ = 25 Гц; б – 35 Гц; в – 45 Гц; г – 55 Гц

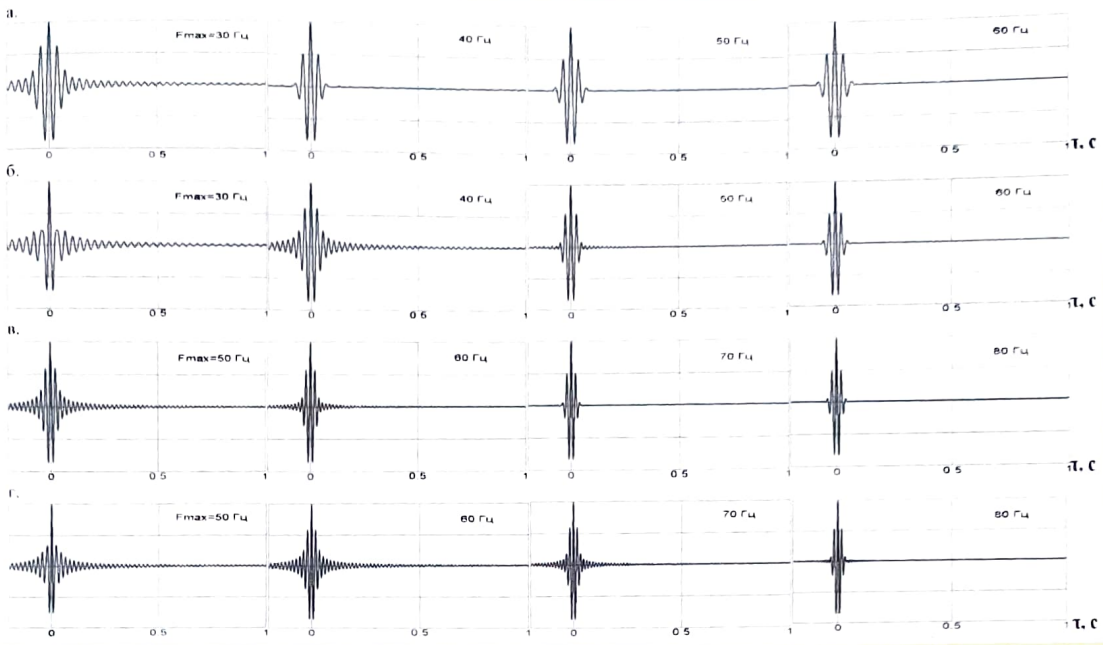


Рис. 2. Зависимость формы главного максимума ФВК последовательностей ЛИЧ от значений F_{max} и $f_{вид}$.
а - $f_{вид}$ =25 Гц; б – 35 Гц; в – 45 Гц; г – 55 Гц

два экстремума, сформированные соответственно функцией кода и единичным импульсом на частотах 29 Гц и 40 Гц. С увеличением F_{max} форма спектра ФВК становится более простой, а правая граничная частота смещается в область верхних частот. Начиная с F_{max}= 60 Гц спектр ФВК приобретает симметричную форму, совпадающую с формой спектра единичного импульса. Дальнейшее повышение F_{max} не приводит к изменению спектра ФВК.

Аналогичные зависимости между формой спектра ФВК и F_{max} наблюдаются и для более высокочастотных единичных импульсов. Так, при $f_{вид}$ =45 Гц спектр ФВК принимал форму спектра единичного импульса начиная с F_{max}= 70 Гц, а при $f_{вид}$ =55 Гц - начиная с F_{max}= 80 Гц. Таким образом, при решении большинства практических задач условие, исключающее искажения спектральных характеристик единичных импульсов в развёртке в результате корреляционной обработки последовательностей ЛИЧ, можно сформулировать следующим образом:

$$F_{max} \geq f_{вид} + 25 \text{ Гц} \quad (8)$$

Очевидно также, что соблюдение условия (8) позволяет максимально повысить разрешающую способность кодоимпульсного метода с использованием развёрток ЛИЧ. Так, на рис. 2 представлены главные максимумы ФВК при различных значениях видимой частоты единичных импульсов fвид и F_{max}. Из рисунка следует, что выполнение условия (8) позволяет весьма существенно уменьшить длительность корреляционных импульсов и снизить уровень корреляционного фона в ближней зоне ФВК. В этом случае форма главных максимумов ФВК строго соответствует форме единичных импульсов в развёртке.

Таким образом, с учётом амплитудных спектров для реальных сейсмических записей современный кодоимпульсный излучатель при работе с однополярными развёртками ЛИЧ должен обеспечивать максимальную частоту следования импульсов в развёртке F_{max} не менее 80 Гц. При таких параметрах излучателя кодоимпульсный метод обеспечивает такую же разрешающую способность, как и вибросейсмический метод, т.к. корреляционные импульсы в этом случае приближаются по своей форме к совокупной импульсной реакции геологической среды и колебательной системы излучатель-грунт.

Помимо значений частотного диапазона весьма важным параметром при задании последовательностей ЛИЧ является длительность развёрток Т. Этот параметр, во-первых, определяет помехоустойчивость метода, т.к. от него зависит количество импульсов в развёртке, и, во-вторых, временное положение амплитудных аномалий корреляционного фона на коррелограммах. Так,

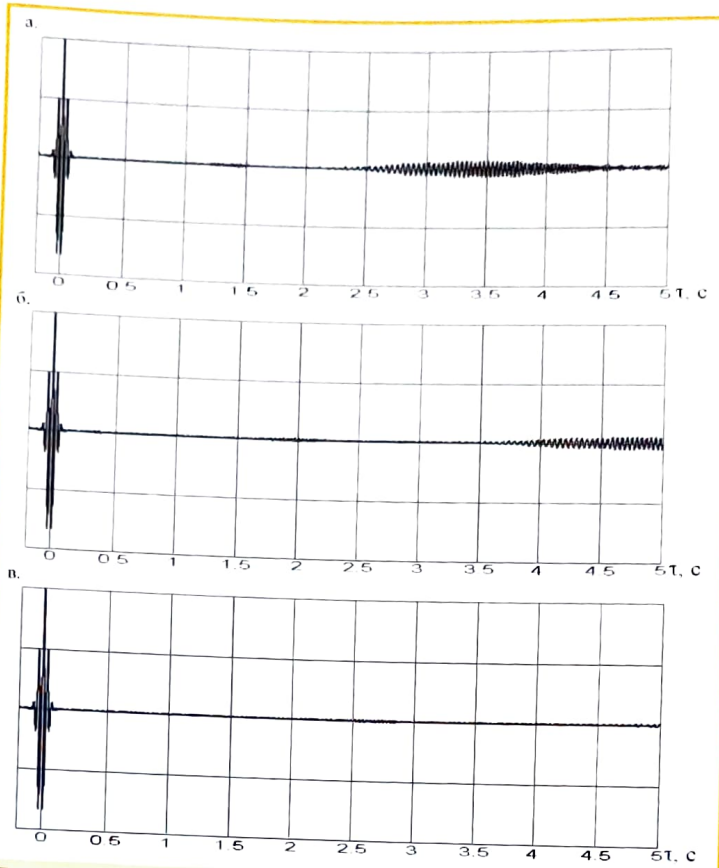


Рис. 3. ФВК последовательностей ЛИЧ при различных значениях T ($f_{вид}$=25 Гц; ΔF=10-50 Гц), а - T=10 с; б - T=15 с; в - T=20 с.

при корреляционной обработке импульсных последовательностей ЛИЧ на коррелограммах формируются области протяжённостью 1-2 с, характеризующиеся повышенными значениями амплитуд корреляционного фона. Области повышенных значений корреляционного фона для импульсных последовательностей ЛИЧ формируются при временных сдвигах τ между опорным и зарегистрированным сигналами, обеспечивающих совмещение интервалов развёртки с взаимно кратными частотами [2]. Таким образом, для того чтобы определить начало разрастаний корреляционного фона $\tau_н$ для развёрток ЛИЧ, необходимо определить времена развёртки, для которых частоты следования кратны минимальной частоте F_{min}. Для этого составим следующее уравнение

$$F_{min} \cdot c = F_{min} + [(F_{max} - F_{min})/T] \cdot \tau_н, \quad (9)$$

Здесь с – кратность частот совмещаемых интервалов развёртки.

Из уравнения (9) можно определить времена начала разрастаний для ФВК последовательностей ЛИЧ:

$$\tau_н = [T \cdot F_{min}(c-1)]/(F_{max} - F_{min}), \quad (10)$$

Из формулы (10) следует, что для того чтобы сместить за пределы полезной записи участки с аномально высоким уровнем корреляционного фона, необходимо соответственно увеличить длительность развёрток T.

Пример, показывающий возможность смещения зон повышенной интенсивности корреляционного фона за пределы полезной записи путём увеличения T, приведён на рис. 3. В конкретном случае наиболее интенсивные компоненты корреляционного фона смещаются на времена $\tau \geq 5$ с при T=20 с. Для более высокочастотных единичных импульсов, требующих, соответственно, более высоких значений F_{max}, существует необходимость дополнительного увеличения T в соответствии с формулой (10).

Указывая на необходимость увеличения длительности Т при работе с высокочастотными ЛЧМ развёртками, отметим, что это обстоятельство не приведёт к снижению производительности полевых наблюдений, т.к. конечная эффективность подавления случайных помех в кодоимпульсном методе, так же как и в вибросейсмическом методе, зависит от суммарного времени воздействия на грунт [2]. Поэтому при увеличении параметра Т, с целью снижения корреляционного фона в интервалах регистрации полезных отражений следует пропорционально уменьшать кратность статистического накапливания, что не позволит снизить производительность работ. Более того, с точки зрения производительности использовать развёртки повышенной длительности выгоднее, т.к. в этом случае уменьшается общее время пауз между возбуждениями накапливаемых последовательностей.

Сравнительный анализ эффективности кодоимпульсного накапливания сейсмических колебаний при использовании однополярных кодов ЛИЧ и ЛИП

Наряду с кодами ЛИЧ значительный интерес при кодоимпульсном накапливании сейсмических колебаний представляют однополярные коды с линей-

ным изменением периода следования импульсов (коды ЛИП) [3]. Такие коды выгодно отличаются от кодов ЛИЧ более равномерным распределением помех корреляционного преобразования и отсутствием интервалов с аномально высокими значениями корреляционного фона, либо их значительным смещением на 1-1,5 с, в область больших времён [2].

Величина периода следования импульсов T_n в развёртке ЛИП определяется условием

$$T_n=T_0 - \Delta T(n-1), \quad (11)$$

где T_0 – начальный период следования импульсов; ΔT – приращение периода следования импульсов; n - номер импульса в развёртке.

Используя формулу суммы членов арифметической прогрессии и полагая, что начальному импульсу присвоен номер «0», можно определить относительное запаздывание t_n для n-го импульса в развёртке ЛИП, т.е. функцию кода последовательности

$$t_n=nT_0-n(n-1)\Delta T/2 \quad (12)$$

Очевидно, что по аналогии с вибросейсмическим методом, режимы работы кодоимпульсного излучателя следует задавать с использованием физически наиболее значимых параметров, реально определяющих эффективность метода и технические возможности излучателя. К таким параметрам можно отнести конечную (максимальную) частоту следования импульсов в развёртке F_{max}, длительность развёртки T и число импульсов N в развёртке.

Указывая на практическую целесообразность задания последовательности ЛИП с использованием параметров F_{max}, T и N, следует вместе с тем отметить, что в формуле (12), определяющей функцию кода развёртки ЛИП, параметры F_{max}, T и N отсутствуют. Поэтому существует необходимость задания значений F_{max}, T и N через соответствующие им значения параметров T_0 и ΔT.

Запишем систему уравнений

$$T_0-(N-1)\Delta T=1/F_{max} \quad (13)$$

$$NT_0-[N(N-1)\ \Delta T] / 2=T \quad (14)$$

Данная система уравнений позволяет по известным параметрам F_{max}, T и N определить параметры T_0 и T.

На основании сопоставления эффективности кодов ЛИЧ и ЛИП, выполненных на начальной стадии развития кодоимпульсного метода, было показано, что в ряде случаев развёртки ЛИП обеспечивают более высокую эффективность кодоимпульсного накапливания сейсмических колебаний, что, как уже отмечалось, в первую очередь связано с более равномерным распределением помех корреляционного преобразования [2]. Вместе с тем было также отмечено, что в отличие от кодов ЛИЧ для кодов ЛИП значительно более сложно сформулировать правила, на основании которых можно было бы осуществлять выбор наиболее эффективных кодов. Чтобы облегчить задачу выбора кодов ЛИП, приведём таблицу эффективных кодов ЛИП, под которыми будем понимать такие коды, при использовании которых $\tau_{эф} \le 2/f_{вид}$. Под эффективной длительностью корреляционных импульсов $\tau_{эф}$, в данном случае понимаются отрезки ФВК, в которых сосредоточено 85% энергии корреляционной функции, рассчитанной в интервале -2 с ≤ τ ≤ +2 с. В таблице 1 эффективные коды отмечены жирным шрифтом.

Таблица 1: Эффективные коды ЛИП

Параметры последовательностей		F_{max}, Гц					
T, с	$f_{вид}$, Гц	30	40	50	60	70	80
10	25	**1,82**	**2,00**	2,85	4,37	5,90	7,67
	35	**1,22**	**1,99**	**1,29**	**1,55**	2,20	3,04
	45	**1,71**	**1,89**	2,12	**1,71**	**1,31**	**1,36**
	55	**1,81**	**1,59**	**1,98**	2,14	**1,87**	**1,26**
20	25	**1,77**	**2,00**	2,85	4,40	6,05	8,27
	35	**1,22**	**1,99**	**1,29**	**1,55**	2,17	3,01
	45	**1,71**	**1,89**	2,12	**1,71**	**1,31**	**1,36**
	55	**1,92**	**1,59**	**1,98**	2,14	**1,87**	**1,26**
30	25	**1,73**	**2,00**	2,85	4,37	6,10	8,40
	35	**1,19**	**1,99**	**1,29**	**1,55**	**2,20**	**2,97**
	45	**1,71**	**1,89**	2,12	**1,67**	1,31	1,35
	55	**1,81**	**1,59**	**1,98**	2,14	**1,87**	**1,26**

Примечание. Числами в таблице показаны значения эффективной длительности главных максимумов ФВК $\tau_{эф}$, отнесённые к преобладающему периоду колебаний.

Из таблицы 1 следует, что при любом значении F_{max} можно назвать не менее 2-х значений $f_{вид}$ импульса, при котором ФВК последовательности будет иметь достаточно качественную динамику. Однако очевидно, что на сейсмограммах обычно присутствуют импульсы с различной преобладающей частотой

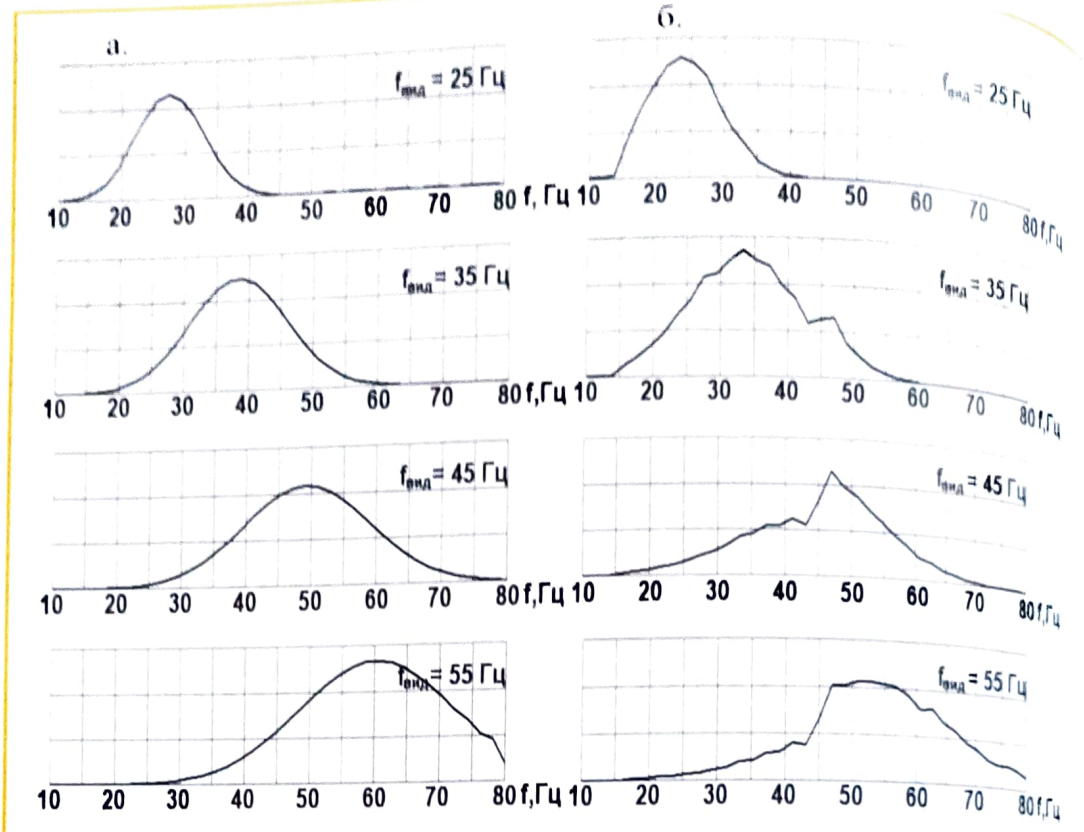


Рис. 4. Сопоставление спектров главных максимумов ФВК наиболее эффективных последовательностей ЛИЧ и ЛИП (T=30 с)
а – ЛИЧ (F_{max} = 80 Гц); б – ЛИП (F_{max} = 30 Гц)

колебаний. Поэтому выбранные значения Fmax последовательностей ЛИП должны обеспечивать необходимую динамику корреляционных функций для широкого диапазона fвид. Такому условию соответствуют последовательности ЛИП при F_{max} =30-40 Гц (см. таблицу 1). Поэтому последовательности ЛИП, являющиеся наиболее эффективными для использования в нефтегазовой сейсморазведке, формируются при F_{max} =30-40 Гц.

На рис. 4 сопоставлены спектры главных максимумов ФВК эффективных последовательностей ЛИЧ и ЛИП. Из рисунка видно, что спектры последовательностей ЛИП с некоторым приближением аппроксимируют аналогичные спектры ЛИЧ. Это даёт основание предполагать, что эффективные последовательности ЛИП и ЛИЧ будут характеризоваться достаточно близкой динамикой корреляционных импульсов.

Корреляционные функции эффективных последовательностей ЛИЧ (F_{max} =80 Гц) и эффективных последовательностей ЛИП (F_{max}=30 Гц), рассчитанные при различных значениях $f_{вид}$, сопоставлены на рис. 5. Из рисунка можно видеть, что главные максимумы ФВК, соответствующие эффективным кодам ЛИЧ и ЛИП, несущественно отличаются друг от друга по форме колебаний при одинаковых значениях $f_{вид}$, что подтверждается количественными оценками параметра $\tau_{эф}$. Столь незначительные различия между корреляционными импульсами эффективных последовательностей ЛИЧ и ЛИП практически не могут повлиять на результативность сейсморазведочных работ. Вместе с тем, в дальней зоне корреляционных функций уровень помех преобразования для последовательностей ЛИП существенно ниже, чем для последовательностей ЛИЧ, что в принципе позволяет получать более качественные сейсмические материалы при работе с развёртками ЛИП в условиях, характеризующихся повышенным динамическим диапазоном сейсмических записей. По сравнению с кодами ЛИЧ применение кодов ЛИП позволяет снизить уровень корреляционного фона на 4÷7 дБ при τ = 2 с; на 4÷11 дБ при τ = 3 с; на 7÷13 дБ при τ = 4 с и на 10÷24 дБ при τ = 5 с.

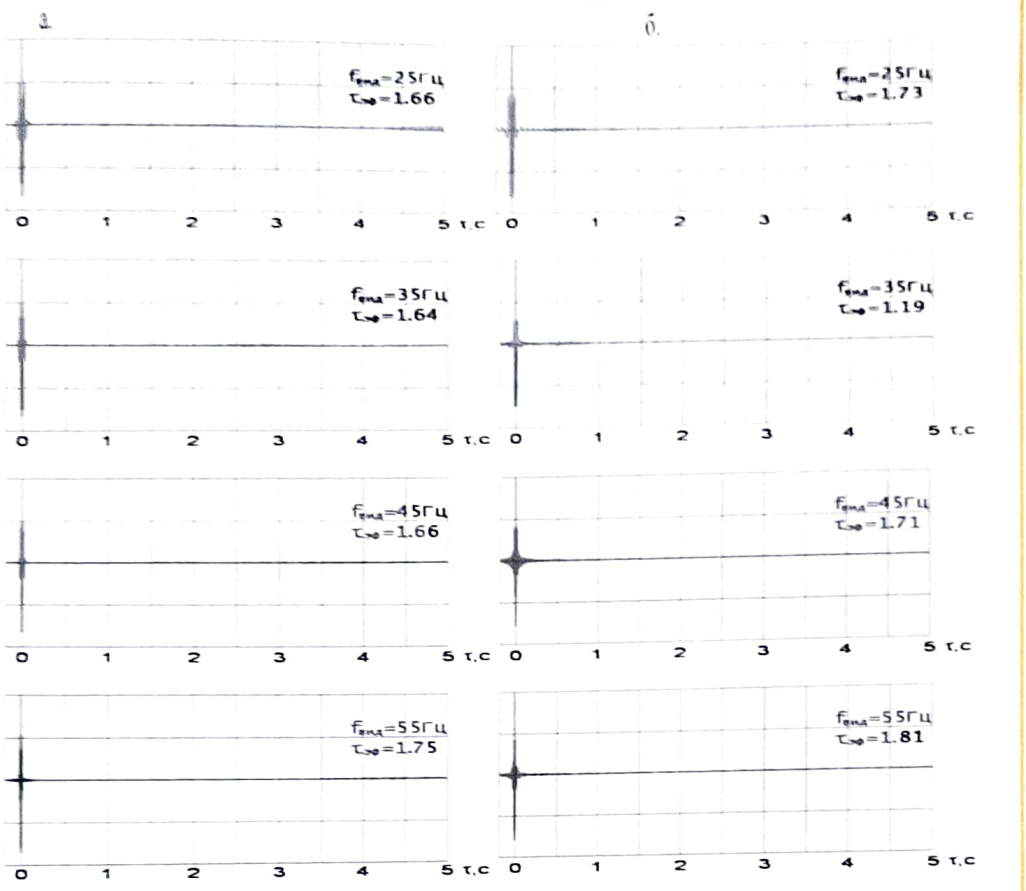


Рис. 5. Сопоставление ФВК наиболее эффективных последовательностей ЛИЧ и ЛИП (T=30 с)
а – ЛИЧ (F_{max} = 80 Гц); б – ЛИП (F_{max} = 30 Гц)

Заключение

1. Увеличение максимальной частоты следования импульсов F_{max} при использовании однополярных развёрток ЛИЧ до 80 Гц и более создаёт принципиальные возможности для повышения временной разрешающей способности кодоимпульсного метода до уровня разрешающей способности вибросейсмического метода. Условие (8) следует рассматривать как необходимое условие, исключающее искажения спектральных характеристик импульсов последовательности в результате корреляционной обработки и обеспечивающее идентичность формы главных максимумов ФВК и единичных импульсов в развёртке ЛИЧ.

2. Наиболее эффективные последовательности ЛИП формируются при F_{max} =30÷40 Гц

3. В качестве обязательного условия эффективного использования развёрток ЛИЧ и ЛИП следует рассматривать необходимость увеличения длительности развёрток до 20-30 с.

4. В дальней зоне корреляционных функций уровень помех преобразования для последовательностей ЛИП ниже, чем для последовательностей ЛИЧ, что в принципе позволяет получать более качественные сейсмические материалы при работе с развёртками ЛИП в условиях, характеризующихся повышенным динамическим диапазона сейсмических записей.

Литература

1. Варакин Л.Е., 1970, Теория сложных сигналов: М. Сов. Радио, 376 с..
2. Кострыгин Ю.П., 2002, Сейсморазведка на сложных сигналах. – Тверь: Издательство ГЕРС. – 416 с.
3. Лукашин Ю.П., Гродзянская Т.М., Пушкин А.Г., 1977, Способ сейсмической разведки: СССР, авт. св. № 545946.
4. Роман В.И., Шпортюк Г.А., Михайличенко О.Г., Королюк П.А., 1986, Перспективы применения дополнительных последовательностей импульсов в невзрывных методах сейсморазведки, ГСЗ и сейсмологии // Современные геодинамические процессы и их изучение в связи с проблемой прогноза землетрясений: Киев, Наукова думка, 22-26.



UNITE позволяет считывать данные в любое время, даже в процессе регистрации. Для сбора данных вы можете использовать любое походящее для условий съемки средство транспорта. Данные будут считаны и надёжно сохранены на расстоянии 1000 м в пределах видимости по каналу бескабельной связи, не требующему лицензии.

Ahead of the Curve

ANYWHERE. ANYTIME. EVERYTIME.

Nantes, France
sales.nantes@sercel.com

Houston, USA
sales.houston@sercel.com

www.sercel.com

Заметки супервайзера. Преодоление эксклюзивных зон

Цыпышев Н.Н., ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль»

В один из зимних полевых сезонов лет 7 – 8 назад я с помощником был отправлен в широтное Приобье, где сейсморазведочной партии предстояло выполнить работы МОГТ 3Д кратностью 24 (тогда это была приличная кратность для таких работ).

Площадь работ в широтном направлении пересекала два естественных и одно техногенное препятствия. Это были реки Обь и Б. Салым и на юге автотрасса регионального значения с сопутствующими ЛЭП и продуктопроводами. Ширина Б. Салыма составляла метров 400, а ширина Оби и техногенной зоны местами превышала километр (рис.1, А).

Основной источник возбуждения - взрывной, эксклюзивные зоны предполагалось преодолевать с помощью импульсных источников «Геотон».

По плану работы начались с середины площади – от Оби на юг, чтобы было время наморозить переправы через Обь и Б. Салым. Однако, что меня удивило, в партии был всего лишь один насос. За какое время партия смогла бы наморозить 27 переправ дополнительной толщиной до 30 – 40 см сначала через Б. Салым, а затем столько же через Обь? Это 35 – 40 км переправ. В этой ситуации была какая-то обреченность и вместе с тем надежда на русское «авось». На мои вопросы о материальном обеспечении работ руководство партии пожимало плечами, а сверху обещали обеспечить.

Тем временем работы вплотную придвинулись к Большому Салыму. Стало ясно, что намороженных переправ, да и «Геотонов» не будет, и нужен «обстрел» препятствия. Меня, с согласия моего руководства, попросили спланировать съемку для преодоления препятствия.

Основная проблема, возникающая при обходе эксклюзивных зон, а в особенности протяжённых широких препятствий, потеря прослеживаемости верхних горизонтов за счёт отсутствия ближних удалений.

Поэтому, прежде всего, я попросил геофизика-обработчика сделать перебор удалений для одного из временных разрезов inline. Выяснилось, что самая ранняя из целевых волна Г прослеживается на удалениях до 1000 м на временах 0.8 – 1.0 с. Кратность ее прослеживания для данной съемки 4 и 6 единиц (рис.1, Б). Это было нужно сделать для того, чтобы при планировании располо-

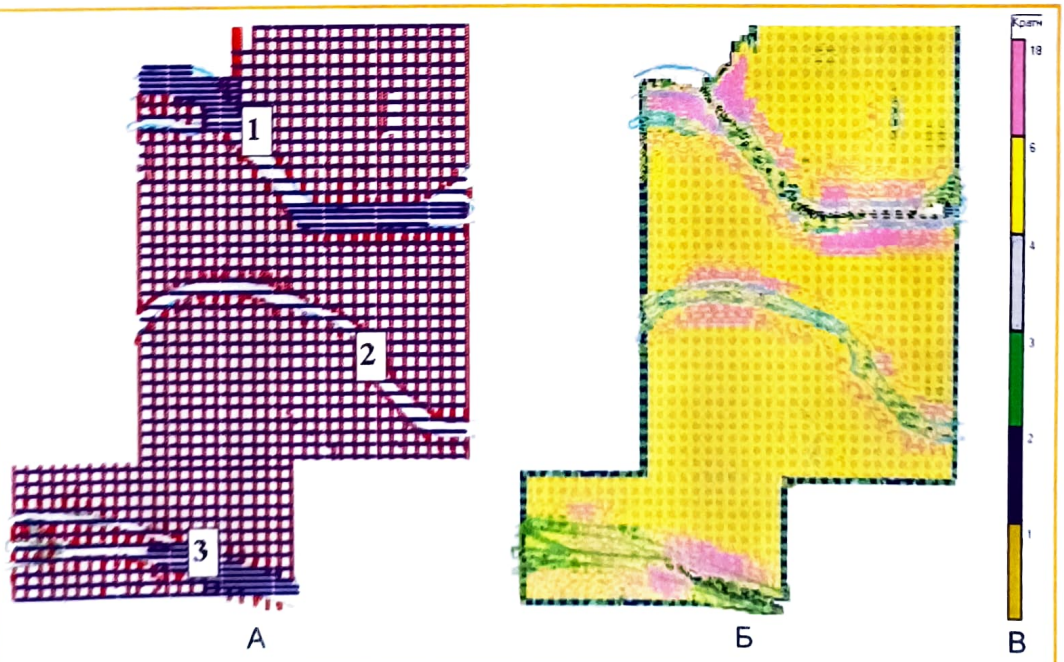


Рис.1. Схема площади: А – схема расположения ПГН на площади (слева запад, справа восток); ориентировка линий возбуждения и возрастание №№ блоков с юга на север, линий приёма – с запада на восток; Б – схема распределения кратности на удалении до 1000 м. Эксклюзивные зоны (с севера на юг): 1. река Обь с промзоной «Пристань» на западе; 2. река Б. Салым; 3. Автомагистраль, ЛЭП, продуктопроводы – зона «Техноген».

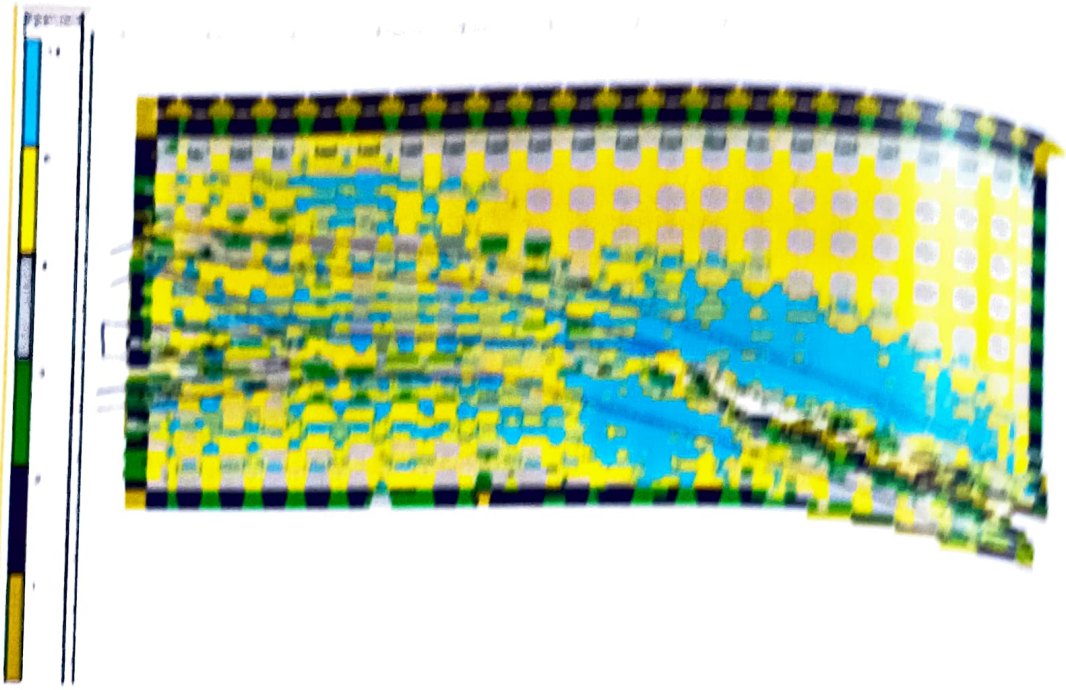


Рис. 2. Кратность на удалении до 1000 м на юг в площади. Линиями показаны границы экспозиционной зоны «Техноген»

жения смещённых и дополнительных ПВ обеспечить для данного удаления кратность, близкую к указанной (4 – 6).

Большой Салым пересекли без существенных потерь для всего целевого интервала отражений (рис. 4, А) при помощи стандартных методических приёмов смещения пикетов возбуждения, попадающих в эксклюзивную зону, к границе данной зоны (т.н. «обстрел препятствия по контуру»).

Впереди обозначилась зона «Техноген». Преодоление этой зоны осложнялось тем, что она была частично наложена на границу площади работ и область набора кратности. Кроме того, размеры данной зоны существенно превышали размеры предыдущего препятствия. Стало ясно, что при смещении ПВ здесь не обойтись. Единственный способ компенсации выпадения ближних и средних удалений в подобных ситуациях

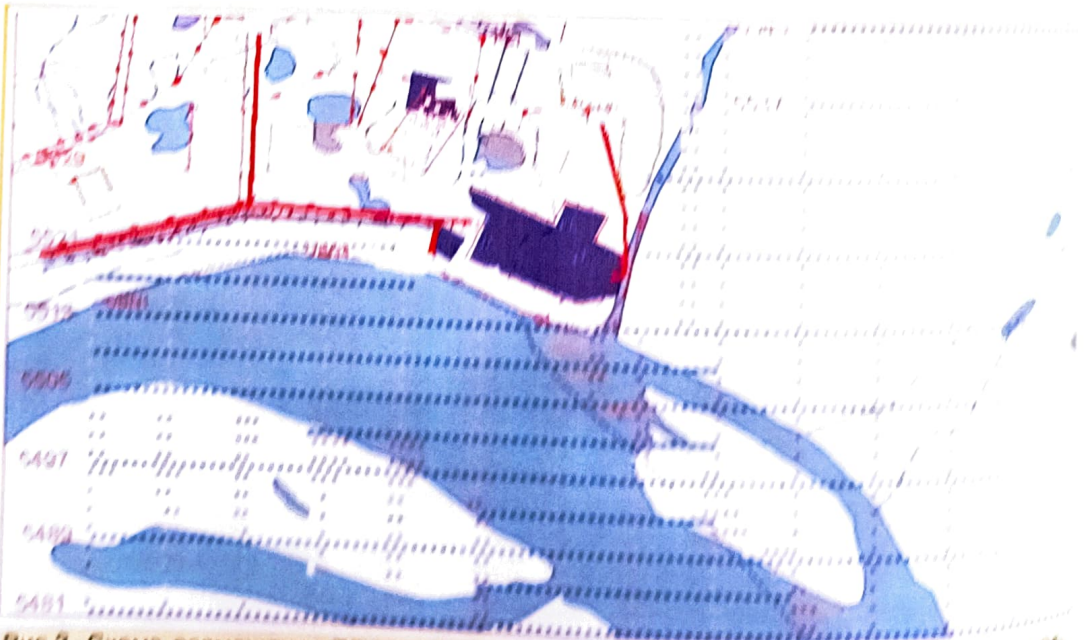


Рис.3. Схема размещения ПГН на 10-11 блоках в районе произзоны «Приставы» на р. Обь. Слева запад, справа восток

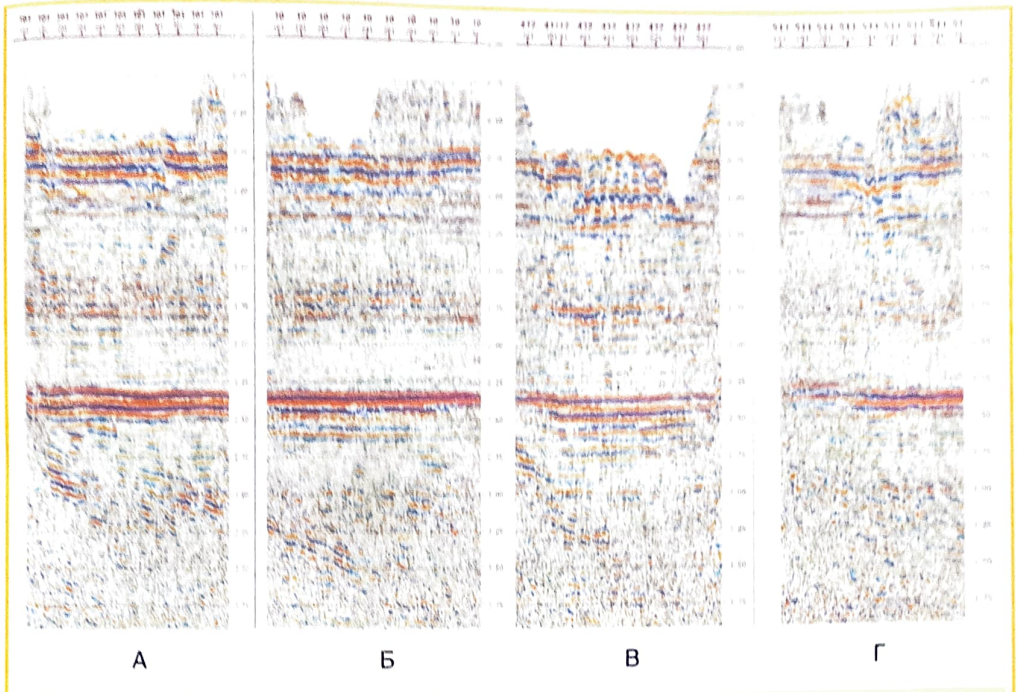


Рис.4. Предварительные временные разрезы: А - через Б.Салым; Б - через зону «Техноген»; В – через Обь (восток); Г – через Обь (запад – район промзоны «Пристань).

зивных зонах – проложение дополнительных приёмных линий. Эти дополнительные линии могут располагаться параллельно основным или ортогонально им (последнее, однако, ведёт к существенному возрастанию сложности отработки подобных участков).

Геодезистам было дано задание составить достоверную схему границ эксклюзивной зоны и определить места возможного размещения дополнительных линий ПП и смещенных и дополнительных ПВ. Работа шла в тесном деловом и доброжелательном контакте. При нескольких итерациях съемки ситуация на местности стала ясна для планирования. Размещая ПВ, я старался выставлять их на чистые места или в кустарнике. Линии ПП размещались без особых сложностей. В итоге, планирование было выполнено, юг площади отработан, правда, по объективным причинам (из-за нехватки полевого оборудования) не совсем аккуратно. В целом, удалось сохранить приемлемую кратность на уровне верхнего горизонта (карта кратности приведена на рис.2 , фрагмент временного разреза – на рис. 4, Б).

Теперь предстояло «форсировать» Обь. Русло реки в пределах площади работ можно было условно разбить на три участка: два субширотного направления на западе и востоке и средний между ними - направления СЗ-ЮВ. Главными препятствиями были западный и восточный участки.

Сначала был спланирован и отрабатывался восточный участок. На нём, из-за ограничений по оборудованию, дополнительные линии приёма на Оби выставлялись в два этапа: при отстреле с южного берега они выкладывались под северным берегом, при отстреле с северного – наоборот. На самом восточном краю площади в русле реки из-за отсутствия необходимого количества оборудования не было возможности выставить дополнительные ПП, поэтому здесь имеется «провал» кратности и волна Г частично не прослежена (рис. 1Б, 4В).

Для западного участка русла Оби геодезическая съёмка была выполнена

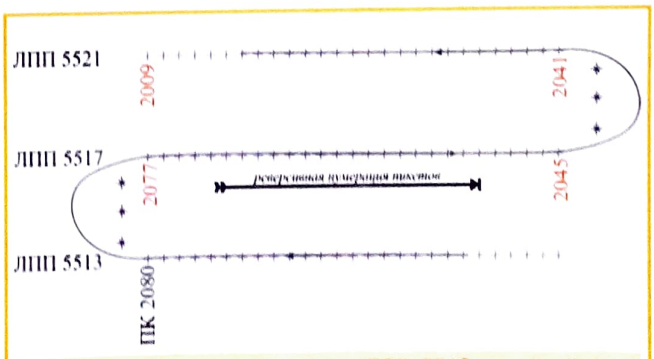


Рис. 5. Формальное продление ЛПП 5513 «змейкой» для экономии линейных модулей



Таблица 1: Сценарий отстрел

С/СТ на ЛПВ 2145.

№	Описание отстрела	Линии и пикеты приёма	Линии и пикеты взрыва
1.	Блок 10 – стандартный отстрел	ЛПП 5505 – 5449	
2.	Блок 10 – отстрел с **тремя** дополнительными приёмными линиями на западе на р. Обь	5485 (пикеты 2121 – 2152); 5493 (пикеты 2121 – 2144); 5501 (пикеты 2103 – 2144);	с ЛПВ 2081 по ЛПВ 2113 включительно – пикеты взрыва 5481 – 5491; с ЛПВ 2121 по ЛПВ 2185 включительно – пикеты взрыва 5473 – 5491.
3.	Блок 11 – стандартный отстрел		
4.	Блок 11 – отстрел с **четырьмя** (три предыдущих с блока 10 и одна новая) дополнительными приёмными линиями на западе на р. Обь	5485 (пикеты 2121 – 2152) 5493 (пикеты 2121 – 2144); 5501 (пикеты 2103 – 2144); 5509 (пикеты 2081 – 2144).	с ЛПВ 2081 по ЛПВ 2121 включительно – пикеты взрыва 5493 – 5501; с ЛПВ 2129 по ЛПВ 2153 включительно – пикеты взрыва 5493 – 5511; с ЛПВ 2141 по ЛПВ 2153 включительно – пикеты взрыва 5513 – 5527
5.	Блок 11 – отстрел на 10 линий (7 стандартных + 3 дополнительных)	2 южные линии: стандартная 5481 и дополнительная 5485 **отключены**	с ЛПВ 2141 по ЛПВ 2145 включительно – пикеты взрыва 5529 – 5543.
6.	Блок 11 – продление линии приёма «змейкой»	5513 (пикеты 2080 – 2009)	

так же подробно и тщательно, как и для зоны «Техноген» (рис.3). Так же были применены, ставшие уже стандартными, приемы выставления дополнительных ПГН. Единственным новым методическим приёмом стало формирование одной из линий приёма «змейкой» с целью обхода промзоны «Пристань» и экономии блоков CSU. Это стало возможным, поскольку было на краю площади.

Чтобы техническому руководителю и оператору было удобнее работать, для отработки зоны, как и ранее для других, был составлен сценарий отстрела (табл. 1):

Блок 10 отрабатывается с ЗАПАДА на ВОСТОК на 8 стандартных линий приёма, кроме западного участка в районе р. Обь, где для некоторых ПВ приём производится на 11 линий (8 стандартных + 3 дополнительных);

Блок 11 отрабатывается с ВОСТОКА на ЗАПАД на 8 стандартных линий приёма, кроме западного участка в районе р. Обь, где для некоторых ПВ приём производится максимум на 12 линий (8 стандартных + 4 дополнительных), а для части ПВ – на 10 линий (7 стандартных + 3 дополнительных).

Кроме того, приёмная линия 5513 (с целью обхода препятствия – причал пристани – и экономии блоков CSU продлена формально с ПК 2080 по ПК 2009 включительно, но выложена на местности «змейкой» (рис. 5). То есть с ПК 2077 по ПК 2045 она занимает положение промежуточной линии 5517, а с ПК 2041 по ПК 2009 включительно – линии 5521. При этом направление нумерации пикетов 2077 – 2045 противоположнонаправлению, принятому на площади. Промежуточные пикеты 2080 – 2078 и 2044 – 2042 (всего 3 + 3 = 6) исключены из приема и гирлянды приборов на них не раскладываются.

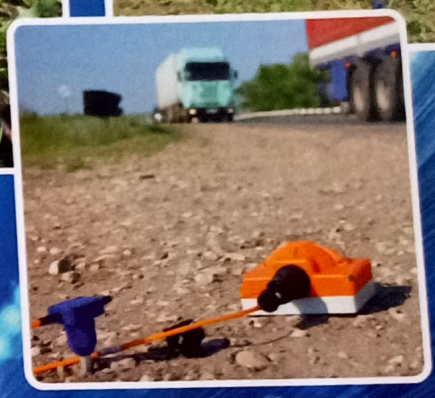
Такое продление решает одновременно несколько задач – экономию межлинейных модулей и проложение дополнительного участка ЛПП, однако требует постоянного тщательного контроля на стадиях: привязки геодезии, расстановки приёмников, описания скриптов, проверки геометрии – со стороны исполнителя и супервайзера.

Таким образом, объект был отработан своевременно и, думаю, неплохо. Понадобилось всего лишь 250 – 300 дополнительных ПВ на всю площадь.

Основной вывод таков: сложные производственные проблемы проще всего решать методическим путем.







50 лет

мы разрабатываем
и производим
геофизическое
оборудование

СП

www.skbsp.ru

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

РОССИЙСКОЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ







Телеметрические сейсмосистемы:

Бескабельная сейсмосистема SCOUT
Кабельная сейсмосистема Прогресс-Т
Кабельная сейсмосистема Прогресс-Т
Кабельная сейсмосистема Прогресс-Т

Сервисное оборудование:

ТЕСТ-СП (Тестер геофонов)
ССВ-2 (Система синхронизации возбу
Тестер телеметрической линии
Обрывоискатель
Зарядные устройства

Специальному конструкторскому бюро сейсмического приборостроения – 50 лет

Кузнецов И.М., Мичурин А.В., Тарасов Н.В., ОАО «СКБ СП», г. Саратов



Борис Львович Лернер (1923-2003)

Официально СКБ сейсмического приборостроения (СКБ СП) организовано Постановлением СовМина СССР № 763 от 23 июля 1962г. и Постановлением СовМина РСФСР № 1048 от 2 августа 1962г. в составе треста «Нижволгонефтегеофизика», ныне ОАО «Саратовнефтегеофизика». 01.01.1970 г. СКБ СП было выведено из состава треста «Нижволгонефтегеофизика» и подчинено непосредственно Главному Управлению нефтепромысловой и полевой геофизики Миннефтепрома СССР. В 1994 г. СКБ СП преобразовано в Открытое акционерное общество «СКБ сейсмического приборостроения» (ОАО «СКБ СП»).

Таким образом, в этом году ОАО «СКБ сейсмического приборостроения» исполняется 50 лет. Немногие, стоявшие тогда у истоков создания нового конструкторского бюро, заглядывали столь далеко в будущее. Да и некогда было им этим заниматься. Тогда небольшая группа энтузиастов, работавшая в тресте «Нижволгонефтегеофизика», по инициативе управляющего трестом Николая Леонидовича Гущина занялась проблемой создания машины для автоматического построения сейсмических разрезов. Во главе группы был поставлен Борис Львович Лернер, ставший инициатором создания СКБ СП и бессменно возглавлявший конструкторское бюро в период с 1962 по 1992 г..

Надо признать, что в успех начатого дела верили немногие. Однако талант энтузиазм занятых в проекте людей помогли преодолеть все трудности и в 1960 первый построитель сейсмических разрезов ПСЗ-1 появился на свет. А в 1961 г. его модификация – ПСЗ-2 была запущена производство. Появление данной машины произвело в геофизической среде эффект разорвавшейся бомбы. Многие геофизики приезжали в Саратов посмотреть на это чудо и, не веря глазам своим, смотрели как машина сама, считывая с магнитной ленты полевые сейсмические записи строила сейсмический разрез.Именно это изделие положило начало первому этапу научно-технической деятельности СКБ СП – этапу создания комплекса аналоговой аппаратуры для регистрации и автоматической обработки сейсморазведочных данных. Этот этап продлился с 1962 г. по 1970 г.

На данном этапе были разработаны и внедрены в производство:

- миниатюрные сейсмоприемники (СМГ010, СМВ-15, СМВ-20, СМВ-30). Общий объем выпуска данных сейсмоприемников составил более 100000 шт.;
- преобразователи сейсмических записей для автоматической обработки сейсмозаписей на магнитных лентах (ПСЗ-1, ПСЗ-2, ПСЗ-2М, ПСЗ-4);
- магнитные сумматоры для обработки сейсмозаписей на магнитных лентах методом РНП (МС-1, МС-2);
- ряд фотопостроителей для предоставления сейсмической информации в форме, наиболее удобной для последующей геологической интерпретации (ФБ-1, ФБ-2, ФБ-3, ФБ-4, ФБШД);
- ряд полевых сейсмостанций с записью сейсмоданных в аналоговом виде на магнитную ленту (СМ-24, СМ-48, СС-24-61М, СС-24МН, СС-48М, СС-48МН, СМП-24, СМП-48, СМП-48н).

Передовые технические решения, использованные в сейсмостанциях ряда СМП, и, в частности, широкое использование самой современной на то время полупроводниковой элементной базы, позволили существенно снизить вес аппаратуры и создать портативные и чрезвычайно надежные сейсмостанции.

Выпуск сейсмостанций ряда СМП стал

на то время самым массовым в мире. Всего было выпущено более 2300 сейсмостанций.

Аппаратурой, входящей в данный комплекс, были оснащены все геофизические предприятия страны и это произвело технический переворот в отечественной геофизической отрасли. В частности, была обеспечена возможность внедрения в повсеместную практику выполнение сейсморазведочных работ методом общей глубинной точки (МОГТ). Перевооружение отечественной геофизики новой аппаратурой резко сократило, а в значительной части и ликвидировало отставание отечественной сейсморазведки от уровня данной отрасли в США и Франции.

Данная аппаратура успешно использовалась и в ряде зарубежных стран (Польша, Болгария, Куба, Югославия, Индия, Сирия, Пакистан, Вьетнам).

За создание комплекса аналоговой аппаратуры для регистрации и обработки сейсмоданных группе ведущих специалистов СКБ СП в 1970 г. была присуждена Государственная премия СССР в области науки и техники.

На следующем этапе своей деятельности (1971 – 1974 г.г.) СКБ СП разработало и внедрило в производство аналого-цифровой комплекс сейсмоаппаратуры.

Необходимость в данном комплексе была вызвана наметившимся переходом сейсморазведки к использованию цифровой вычислительной техники, в первую очередь, в области обработки сейсморазведочных данных.

Главным результатом работ, выполненных СКБ СП на данном этапе, явилось создание и массовое внедрение в геофизическое производство комплекса специализированных вводно-выводных устройств (ПОТОК-1, ПОТОК-2) к универсальным ЭВМ второго поколения. Вводно-выводные устройства ряда ПОТОК обеспечивали считывание сейсмической информации с аналоговых магнитных лент, ввод оцифрованных данных в ЭВМ, а также вывод результатов обработки на фотопостроитель.

Создание и внедрение в производство вводно-выводных устройств обеспечило возможность организации цифровых вычислительных центров во всех геофизических предприятиях Министерства нефтяной промышленности и Министерства геологии. На этой базе геофизические предприятия страны уже с начала семидесятых годов получили возможность вести цифровую обработку сейсморазведочных данных в промышленном масштабе, что обеспечило существенное повышение геологической достоверности и экономической эффективности сейсморазведки. Всего было выпущено более 200 комплексов вводно-выводных устройств «ПОТОК-1» и 60 вводно-выводных устройств «ПОТОК-2».

Последующий этап деятельности СКБ СП, начавшийся в 1975 г., связан с разработкой и внедрением в производство цифровых сейсморегистрирующих систем. В начале данного этапа основной задачей являлось создание базовой модели ряда цифровых сейсмостанций, а затем – организация серийного производства сейсмостанций данного ряда в масштабах, обеспечивающих потребности геофизического производства страны. В результате успешно проведенных научно-исследовательских и конструкторских работ была создана цифровая сейсмостанция «ВОЛЖАНКА», ставшей первой отечественной цифровой сейсмостанцией, широко внедренной в геофизическое производство страны.

Разработка и внедрение в производство сейсмостанции «ВОЛЖАНКА» положили начало переходу геофизических предприятий страны на цифровую регистрацию в процессе выполнения полевых сейсморазведочных работ.

В феврале 1978 г. ведущие специалисты Миннефтепрома, Минприбора, Мингео СССР и АН СССР разработали научно-техническую концепцию по созданию современных цифровых сейсморазведочных комплексов, а также предложения по организации их промышленного производства и внедрения в практику разведочных работ. Совместным приказом Миннефтепрома, Минприбора, Мингео СССР и АН СССР № 34/118/185/38 от 07.04.78 г. и последующим Постановлением Совета Министров СССР № 343 от 12.04.79 г. «О повышении технического уровня и эффективности геологоразведочных работ» были определены основные этапы по созданию и освоению промышленного производства цифровых сейсморазведочных комплексов. При этом основным исполнителем по проблемам создания цифровых сейсморазведочных станций и плоттеров было назначено СКБ СП.

Выполняя приказ трех министерств и Постановление Совета Министров СССР, в период с 1978 по 1982 г.г. СКБ СП разработало и успешно внедрило в производство цифровые сейсмостанции «ПРОГРЕСС-1», «ПРОГРЕСС-2» и «ПРОГРЕСС-3», предназначенные для работы с различными источниками возбуждения. Одновременно была разработана и внедрена в производство система синхронизации возбуждения «ССВ-2». Дальнейшим развитием сейсмостанций ряда «ПРОГРЕСС» явились цифро-



вые сейсмостанции «ПРОГРЕСС-96» и «ПРОГРЕСС-96В» (1988 г.). Производство сейсмостанций ряда «ПРОГРЕСС» было внедрено на 5 заводах Министерства приборостроения. В чрезвычайно сжатые сроки новой аппаратурой были переоснащены все сейсмопартии страны. Объемы производства достигали более 200 сейсмостанций в год. Всего было выпущено более 1500 сейсмостанций данного ряда.

Решение задачи широкого внедрения в стране цифровой регистрации при выполнении сейсморазведочных работ потребовало создания в СКБ СП Центра подготовки операторов цифровых сейсмостанций. В чрезвычайно сжатые сроки были разработаны соответствующие учебные программы. В качестве преподавателей выступали ведущие специалисты СКБ СП. Всего в учебном центре СКБ СП прошли обучение более тысячи геофизиков.

За создание, успешное внедрение в производство и решение задачи переоснащения геофизических предприятий страны сейсмостанциями ряда «ПРОГРЕСС» группе ведущих специалистов СКБ СП была присуждена премия Совета Министров СССР.

Одновременно с разработкой сейсморегистрирующих систем СКБ СП разработало и поставляло геофизическим предприятиям различные аппаратные и программные средства диагностики и ремонта аппаратуры – «ТЕСТ-1», «ТЕСТ-1М», программа «КОНТР».

Широкое внедрение в стране цифровой обработки сейсмоданных вызвало необходимость в широкоформатных быстродействующих устройствах вывода результатов обработки на твердые носители. И эта задача была блестяще решена путем создания ряда черно-белых электростатических графопостроителей (ЭСПУ-1, ЭСПУ-2, ЭСПУ-2М, ЭСПУ-К), а также ряда цветных электростатических графопостроителей (ЦГП-1, ЦГП-2, ЦГП-3, ЦГПЭ-К). О сложности решенной задачи говорит тот факт, что до этого подобные устройства производились только в одной стране в мире – в США.

В середине 80-х годов политическая и экономическая обстановка в стране радикально изменилась. Эти изменения привели к разрушению существовавшей в стране сети отраслевых НИИ и КБ. Лишь немногие КБ сумели приспособиться к новым экономическим реалиям и работать в условиях жесткой конкуренции со стороны ведущих западных компаний. Одним из таких исключений является СКБ СП, которое сумело сохранить и упрочить свое положение на российском рынке геофизического оборудования, предназначенного для поиска углеводородного сырья, и успешно сотрудничает как с отечественными, так и зарубежными геофизическими компаниями. География поставок оборудования СКБ СП охватывает практически все страны СНГ, а также ряд стран дальнего зарубежья.

В настоящее время СКБ СП предлагает заказчикам широкий ассортимент геофизического оборудования, включая: линейные сейсмостанции «ПРОГРЕСС-Л» различной канальности; многоканальные телеметрические сейсморегистрирующие системы, предназначенные для выполнения сейсморазведочных работ как на суше («ПРОГРЕСС-Т2», «ПРОГРЕСС-Т3»), так и в условиях переходных зон («ПРОГРЕСС-Т155»); сервисное оборудование различного назначения (системы синхронизации возбуждений ССВ-2 и их модификации, тестеры сейсмоприемников ТЕСТ-СП, зарядные устройства для аккумуляторных батарей).

В 2011 г. СКБ СП запустило в производство новую бескабельную телеметрическую сейсморегистрирующую систему «SCOUT», в очередной раз подтвердив свое лидирующее положение на российском рынке высокотехнологичного геофизического оборудования.

Традиционно оборудование, поставляемое СКБ СП, отличает современный уровень технических параметров, высокая надежность и удобство в работе. На все поставляемое оборудование СКБ СП предоставляет 6-ти летнюю гарантию. В СКБ СП действует хорошо отлаженная система сервисного обслуживания. При необходимости СКБ СП проводит обучение специалистов геофизических предприятий.

Деловая репутация – безусловная ценность любого успешного предприятия. Высокая деловая репутация СКБ СП создавалась и поддерживалась усилиями и талантом работников предприятия на протяжении всех 50-ти лет существования СКБ СП. Но конечно же среди тех, кому СКБ СП обязано своими достижениями, следует в первую очередь назвать имена тех, кто стоял у истоков создания Специального Конструкторского Бюро Сейсмического Приборостроения – Н.Л.Гущина, Б.Л.Лернера, В.А.Угланова, Ю.В.Коваленко, И.Ю.Клугмана, Г.П.Барышникова, Г.С.Соколова, З.Х.Шехтера.

Меняются времена, меняются политические и экономические условия в стране, меняются люди, но остаются традиции, заложенные «отцами-основателями» СКБ СП, остается гордость за то, что сделано на протяжении этих 50-ти лет и это вселяет уверенность в будущее предприятия.

СВЕРХМНОГОКАНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

СПЕЦИАЛЬНО

ДЛЯ РАБОТЫ ВАШЕЙ ПАРТИИ



INOVA TOGETHER, WE GET THE JOB DONE.

Подробная информация о системе G3i - на сайте компании INOVA:

www.inovageo.com/G3i

G3i – кабельная наземная регистрирующая система нового поколения ☆

6:00 - прибыли на место. Систему G3i доставили в партию – без проблем! Подача энергии по рабочим кабелям – очень эффективно для управления питанием. Успешно отработали более чем 100000 каналов по требованиям проекта 3D съемки с применением технологии HPVS. Корпус из авиационного алюминия отлично показал себя даже в самых суровых полевых условиях.

→ Работа в любой местности

→ Максимальная производительность

→ Огромный потенциал

!!!



ВСЕГДА ГОТОВО К УПОТРЕБЛЕНИЮ

Предоставление в аренду полного спектра телеметрического оборудования Sercel 408/428; бескабельной системы UNITE. Техподдержка, сервис и обслуживание геофизического оборудования. Производство импульсных источников «Геотон»

ООО «ГЕОСЕЙС»
Контактная информация:
Тел. (Москва):
+7 (495) 694-19-07
+7 (495) 694-19-97
Тел. (Тюмень):
+7 (3452) 48-33-72

Электронная почта:
geoton@geoton.ru
sggeoton@gmail.com
geoseisltd@gmail.com
http:
www.geoton.ru
geoseisholding.ru

GEO SEIS