

Многокомпонентные установки сейсмоприемников и перспективы их применения

- Куколенко О.В. ФГУП «НВНИИГГ», г. Саратов, Тарасов Н.В., Гнатюк А.И.
ОАО «СКБ сейсмического приборостроения», г. Саратов, Селезнев В.А., Зуб Е.А.,
Чернышев В.В. ФГУП «НВНИИГГ», г. Саратов,
Навроцкий А.О. ООО «Сибгеотехсервис» г. Москва

Многоволновая сейсморазведка (МВС) является одним из перспективных направлений в развитии сейсморазведки, поскольку помимо выявления геометрии структурных объектов позволяет более надежно охарактеризовать состояние пород, слагающих эти объекты, литологический состав, трещиноватость, структуру порового пространства и др.

Исследования, связанные с совместным использованием продольных (PP) и поперечных (S,PS) волн, начались на 5-10 лет раньше, чем на Западе [1], в 60-е годы прошлого столетия.

До 1991 года по МВС работало 20 сейсморазведочных партии, что составляло около 15 % от общего объема сейсморазведочных работ в СССР, в то время, как за рубежом эта цифра не превышала 5%. В настоящее время объем работ по МВС за рубежом вырос до 20-40 % от общего объема, в то время как в России они практически не проводятся [2].

По данным обзора [3] относительные объемы работ на PP и PS волнах распределяются следующим образом: США – 42%, Европейские страны – 35% , Канада и Латинские страны – 19% и другие страны – 4%. Отмечается, что значительная часть работ на PP и PS волнах применяется при морской сейсморазведке.

Характеризуя преимущество совместного использования продольных и поперечных волн при решении

геологических задач, включая оценку коллекторских свойств исследуемых отложений, т.е. МВС, по ряду публикаций [1-4] просматривается общая тенденция широкого использования PS волн, как основного источника поперечных волн SV типа. Ориентация на чисто поперечные SS волны SH типа по ряду причин мало перспективна. Чтобы повысить эффективность сейсморазведочных работ в стране, необходимы определенные усилия по совершенствованию технологии МВС и более широкому ее применению. Реализация МВС непосредственно связана с применением многокомпонентных установок сейсмоприемников.

Традиционно в МВС используются трехкомпонентные ортогональные установки сейсмоприемников (Z,X,Y- один вертикальный и два горизонтальных). Такая установка может быть достаточна при морских работах, где регистрируемое волновое поле значительно проще, чем при работах на суше, за счет выдержанности условий возбуждения сейсмических колебаний в однородной водной среде. При работах на суше волновое поле значительно сложнее. Вертикальный сейсмоприемник (Z компонент) регистрирует в большей части случаев заинтерферированное волновое поле продольных PP волн. Горизонтальный сейсмоприемник (X компонент), располагаемый вдоль линии профиля, регистрирует обмен-

ные PS волны, которые заинтерферированы фоном продольных волн. Горизонтальный сейсмоприемник (Y компонент), располагаемый перпендикулярно линии профиля, как правило, неинформативен [5].

С целью повышения качества выделения PP и PS волн при работе на суше в 90-е годы НВНИИГГ выполнены исследования по изучению характера смещения частиц среды сейсмических колебаний на дневной поверхности. Исследования показали, что:

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

На основании этих исследований был обоснован высоконаправленный прием сейсмических колебаний по признаку поляризации (ВП) и одновременно высоконаправленная поляризационная модификация ОГТ (ВП ОГТ). Суть ВП и ВП ОГТ и их эффективность изложена в серии статей [5-9].

Для реализации высоконаправленного приема по признаку поляризации и ВП ОГТ сконструирована многокомпонентная установка сейсмоприемников – азимутальная многокомпонентная установка сейсмоприемников (АМУС). На конструкцию азимутальной установки выдан «Сертификат соответствия Центральным сертификационным органом системы сертификации геофизической продукции Госстандарта РФ» [5]. Внешний вид сейсмоприемного устройства АМУС показан на рис.1. Схема конструкции с размещением сейсмоприемников на общей платформе

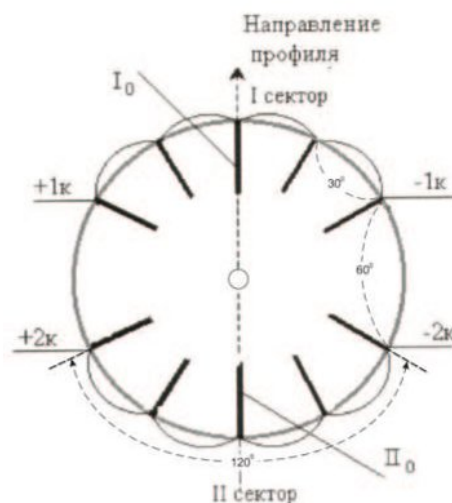


▲ Рис. 1. Внешний вид сейсмоприемного устройства азимутальной многокомпонентной установки сейсмоприемников АМУС (вид сбоку)

(плите) представлена на рис.2.

На рисунке 2 показаны проекции осей максимальной чувствительности сейсмоприемников на горизонтальную плоскость (общую плиту). Здесь представлен вариант для двухкомпонентной установки (I, II) с азимутальным группированием сейсмоприемников, образуя сектор I для 1-го компонента и противоположный сектор II для 2-го компонента. Сейсмоприем-

▼ Рис. 2. Схема размещения сейсмоприемников на общей плате азимутальной многокомпонентной установки сейсмоприемников АМУС



ники в каждой группе (5 штук) соединены последовательно. В каждой группе сейсмоприемники разнесены на 30° по азимуту. Общий охват I, II секторов по азимуту составляет 120° . Все сейсмоприемники наклонены и их наклон составляет $35^\circ 20'$ к горизонту (или $54^\circ 40'$ к вертикали, «Гальперинский угол» [10]). Сейсмоприемники ввернуты в сегменты под углом $35^\circ 20'$ (рис.1). Используются сейсмоприемники GS-20DX-1, которые настроены для работы под углом $35^\circ 20'$ к горизонту. Такие сейсмоприемники изготавливает ООО «Геоспейс Технолджис Евразия» г.Уфа.

Приемная установка АМУС в определенной степени универсальна и позволяет реализовать несколько вариантов:

- двухкомпонентную установку сейсмоприемников с азимутальным группированием;

- двухкомпонентную установку сейсмоприемников с одиночными приборами, установленными на сегменты I_0 и II_0 ;

- трехкомпонентную симметричную установку I, II, III с одиночными приборами (предложенную Гальпериным Е.И. [9]), установленными на сегменты, разнесенные по азимуту на 120° (все три компоненты ортогональны, но составляют с горизонтом $35^\circ 20'$). Преимущество такой установки перед ортогональной (Z, X, Y) заключается в том, что на каждую компоненту можно установить одностипный сейсмоприемник;

- трехкомпонентную установку с азимутальным группированием сейсмоприемников в пределах секторов I и II и одиночным вертикальным сейсмоприемником (GS-20DX), который

вворачивается в резьбовое отверстие в центре плиты (рис.2).

Все варианты установок сейсмоприемников позволяют реализовать высоконаправленный прием по признаку поляризации (ВП).

Напомним, что суть высоконаправленного приема по признаку поляризации (ВП) заключается в выделении линейно-поляризованной части сейсмического колебания и ослаблении или отсечении нелинейной (расфазированной) части этого колебания. В итоге регистрируемые импульсы отраженных волн укорачиваются, а сейсмическая запись в целом становится динамически более разрешенной, повышается соотношение сигнал/помеха, частично возрастает временная разрешенность. Все это реализуется в процессе обработки и преобразований двухкомпонентных записей по ВП. Преобразования могут быть направлены на выделение поля продольных РР волн или волн поперечного типа (PS, S).

При 3-х компонентной регистрации через полный вектор сейсмического колебания рассчитываются составляющие полного спектра на любое направление по пространству и углу его наклона, в том числе, по направлению 1-го и 2-го компонентов (I_0 и II_0 , рис.2). Записи этих компонент преобразуются по ВП. На начальном этапе обоснования ВП при опытных работах опробованы все варианты АМУС и результаты опытов показали их равнозначность.

В модификации ВП ОГТ до настоящего времени АМУС использовалась в варианте двухкомпонентной установки сейсмоприемников с азимутальным группированием. Опытное опро-

бование ВП ОГТ осуществлено в различных сейсмогеологических условиях Поволжского и Северокавказского регионов (на территориях приподнятой и опущенной частях Русской плиты) и везде получен положительный эффект на продольных РР волнах по сравнению со стандартной методикой ОГТ (под стандартной методикой ОГТ понимаются все модификации ОГТ с использованием вертикальных сейсмоприемников) [5].

За последние 5-6 лет выполнены работы ВП ОГТ в производственном режиме при решении геологических задач в сложных геологических условиях в объеме 1200 п.км. Работы

выполнялись, в основном, с ориентацией на выделение и использование продольных волн.

Последние работы выполнялись на Озинской площади Саратовской области в условиях развитой солянокупольной тектоники во внутренней части Прикаспийской впадины. В результате этих работ по ВП ОГТ получены более качественные временные разрезы по сравнению со стандартной методикой ОГТ и выделена достаточно крупная Озинская структура по подсольевым отложениям. Предыдущими работами по стандартной методике ОГТ выделить структуру не удавалось. В качестве примера, на рис. 3 для

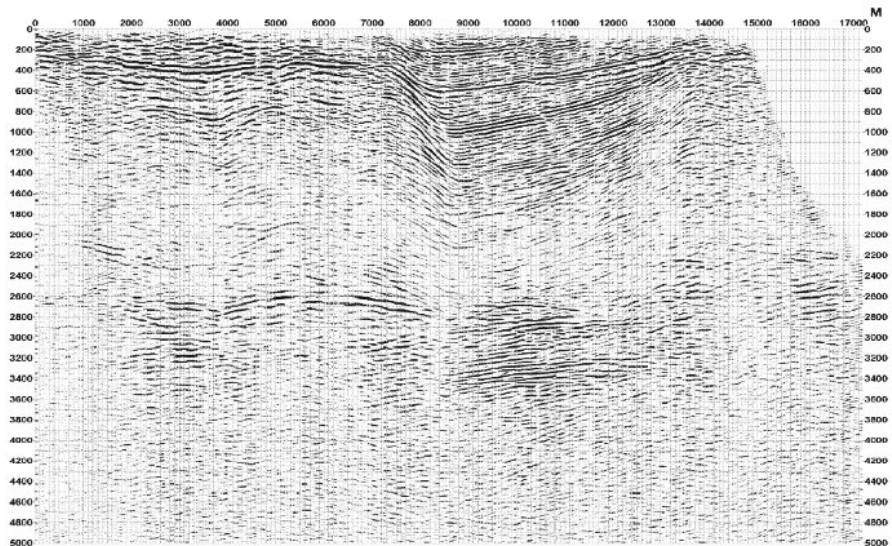
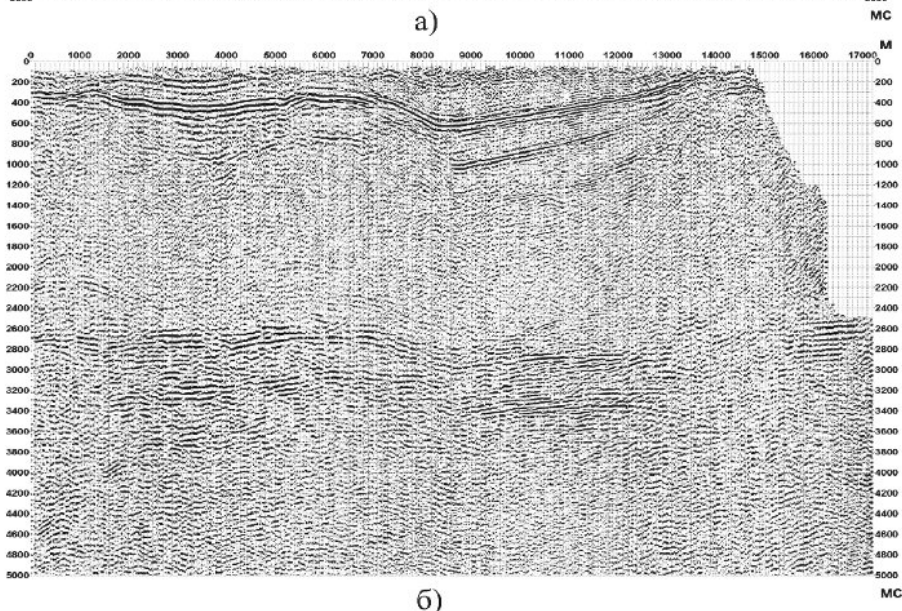


Рис. 3. Временные разрезы РР волн по профилю 15, Озинская площадь:

а) для стандартной модификации ОГТ, Σ_{60} (группа вертикальных сейсмоприемников);

б) для высоконаправленной поляризационной модификации ОГТ, Σ_{60} (ВП ОГТ - многокомпонентная установка АМУС)



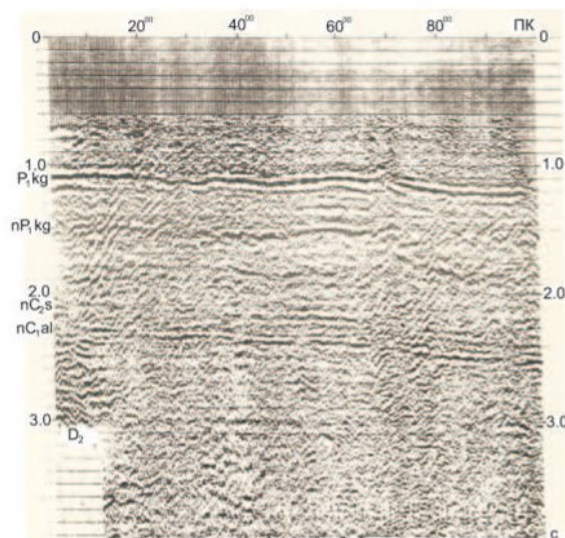
Озинской площади проиллюстрировано сравнение временных разрезов для стандартной методики ОГТ (рис.3а) и ВП ОГТ (рис.3б) по профилю 15. Сравнение временных разрезов показывает, что волновое поле на разрезе ВП ОГТ динамически более выражено, подсолевой комплекс освещен более полно и позволяет выполнить более логичную корреляцию подсолевых горизонтов.

Из настоящей и ранее опубликованных статей следует, что применение ВП ОГТ позволяет более качественно решать на РР волнах структурную задачу сейсморазведки. Что касается реализации МВС в полном объеме, т.е. совместного использования РР и PS волн, по оценке состояния пород, слагающих выделяемые объекты, на данный момент существуют определенные проблемы.

Одной из важнейших задач является надежное выделение PS волн на сейсмограммах и составление по ним суммарных временных разрезов. В нашем опыте использования ВП ОГТ представилось возможным выделить PS волны и составить суммарные временные разрезы PS волн на опытных профилях Перелюбской площади (1993г) и Каменско-Золотовской зоны (1995г).

На Перелюбской площади (Саратовское Левобережье) работы проводились при недостатке количества установок АМУС (этап начального опробования ВП ОГТ), поэтому кратность суммирования невысокая, всего лишь $K=17$, профиль 215 (рис.4). Несмотря на малую кратность, на временном разрезе PS волн удалось выделить все достаточно интенсивные основные горизонты осадочного

Рис. 4. Временной разрез PS волн составленный по сейсмограммам PS волн, выделенных после преобразований двух компонентных записей АМУС, Σ_{17} , профиль 215, Перелюбская площадь (1993 г.)



чехла.

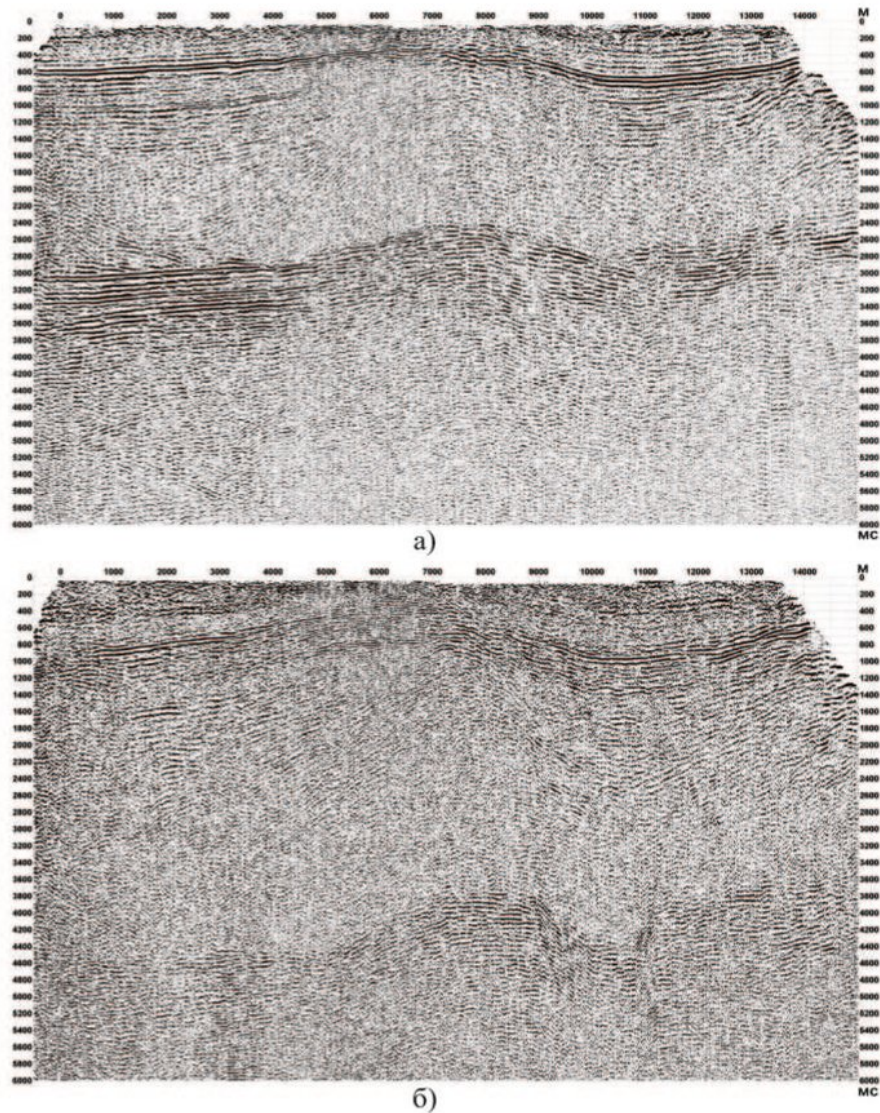
На Каменско-Золотовском участке (Саратовское Правобережье) получены временные разрезы РР и PS, проинтерпретированы и получены интервальные соотношения скоростей поперечных и продольных волн $= VS / VP$ вдоль перспективных в нефтегазовом отношении толщ и на основании локального уменьшения параметра предположительно выделены объекты типа «Риф» [9]. Сейсмогеологические условия рассмотренных территорий относительно просты: горизонтально слоистая среда, глубина фундамента не превышает 4км. Выделение и суммирование PS волн в таких условиях наиболее благоприятно.

Последующие работы по ВП ОГТ проводились в сложных сейсмогеологических условиях, например, развитой соляной тектоники Прикаспийской впадины, где основными объектами являются подсолевые отложения. В таких условиях получить сум-

Рис. 5. Временные разрезы
ВП ОГТ (установка АМУС)
по профилю 25, Озинская пл.:

а) временной разрез
продольных РР волн, Σ_{60} ;

б) временной разрез
обменных PS волн, Σ_{60} .



марный временной разрез PS волн достаточно сложно. Был сделан ряд попыток для получения информации по PS волнам, но, в лучшем случае, получали информацию по надсолевым горизонтам.

В поисках решения рассматриваемой задачи, используя нетрадиционные подходы к обработке PS волн, на Озинской площади по профилю 25 получены временные разрезы по РР и PS волнам (рис.5). Временной разрез PS волн (рис.5б) далек от совершенства и требует дальнейших поисков и совершенствования обработки PS волн. Полученный результат – «первая ласточка», свидетельствующая о возможности получения информации

по PS волнам о строении подсолевого комплекса отложений в условиях развитой соляно-купольной тектоники. Даже при таком качестве временного разреза PS волн (рис. 5б) при его рассмотрении можно отметить, что обменные волны подтверждают модель строения подсолевых горизонтов по РР волнам. Более четко отображается нарушение, хорошо выделяются мульды достаточно четкими отражениями от надсолевых отложений и др. Для прогнозирования коллекторских свойств отложений в пределах выделяемой структуры с использованием AVO анализа, сейсмических инверсий и др., необходимо повышение качества временного

разреза PS волн.

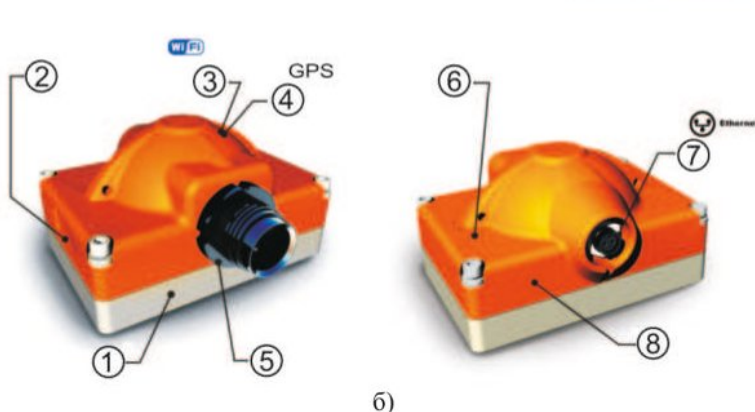
Большое значение для широкого распространения ВП ОГТ и МВС в целом имеет технология ведения полевых работ. Так при работах ВП ОГТ используются 2 компонента и две параллельные сейсмические косы: одна подключается к 1-му компоненту, другая ко 2-му компоненту. Если используется 3-х компонентная установка сейсмоприемников, то необходимо задействовать три косы. Все это осложняет полевые работы.

В 2010 г. ОАО «СКБ сейсмического приборостроения» (ОАО «СКБ СП») г.Саратов разработало бескабельную телеметрическую сейсморегистрирующую систему «SCOUT» (БТСС «SCOUT»), которая по технико-экономическим характеристикам не уступает зарубежным аналогам.

БТСС «SCOUT» является автономной бескабельной системой сбора и хранения сейсмоданных с синхронизацией процесса регистрации с использованием спутникового сигнала GPS и включает в себя (рис.6а):

- Систему управления данными;
 - Полевые блоки сбора данных (бескабельные одноканальные регистраторы БОР-1);
 - Модуль переноса данных;
 - Модуль синхронизации и вспомогательных каналов;
 - Портативный компьютер;
 - Модуль заряда внутренней батареи.
- Особенностями системы являются:
- Встроенные GPS-приёмник и синхронизируемые часы;
 - Встроенный генератор тест-сигналов с высоким разрешением;

► Рис. 6. Оборудование автономной бескабельной системы SCOUT:
а) состав системы;
б) полевой модуль БОР-1 с его наполнением



- а)
- 1 - встроенная аккумуляторная батарея для длительной автономной работы;
 - 2 - встроенный датчик Холла для управления питанием;
 - 3 - встроенный Wi-Fi модуль для беспроводной передачи данных;
 - 4 - система GPS (высокоточная синхронизация по времени и определение координат);
 - 5 - разъем для подключения геофонов;
 - 6 - энергозависимая Flash память до 32Gb;
 - 7 - высокоскоростной порт Ethernet;
 - 8 - прочный герметичный корпус.
- б)

- Флэш-память до 32 ГБ;
- Возможность неограниченного наращивания канальности системы;
- Возможность непрерывной записи в течение 25 суток;
- Управление блоком автономной регистрации посредством Wi-Fi и Ethernet протокола;
- Совместимость с вибрационными и взрывными/невзрывными импульсными источниками возбуждения сейсмических колебаний;
- Светодиодный индикатор, показывающий состояние регистратора и его готовность к работе;
- Прием сигналов от стандартных аналоговых датчиков.

Регистратор БОР-1 (рис.6б) спроектирован для записи сейсмоданных без использования кабелей и радиоканала. БОР-1 включает в себя: один канал с 24-х разрядной оцифровкой, встроенный высокочувствительный GPS-приемник, тактовый генератор, встроенный генератор тестовых сигналов, энергонезависимую память емкостью до 32 Гбайт и высокоскоростной порт Ethernet для передачи данных. При потере сигнала GPS тактовый генератор может сохранять точное время в течение 2-х часов.

Регистратор БОР-1 имеет герметичный корпус, на котором имеются два разъема: один для подключения геофона, а второй для присоединения блока внешнего аккумулятора большой емкости, проведения процедуры заряда внутренней аккумуляторной батареи, а также считывания записанной информации.

БТСС «SCOUT» выполняет тестирование работоспособности цепей сейсмического канала и геофонов. Пользователь может на свой выбор

задать программу тестирования – одиночный или пакетный тест. По желанию пользователя можно вывести либо результаты полного тестирования, либо только данные о неполадках. Собираемые и используемые для анализа данные записываются во флэш-память регистратора БОР-1. При проведении тестов программа автоматически управляет последовательностью выполнения тестов и параметрами генератора тест-сигналов. Все тесты проводятся в рабочей конфигурации всех параметров регистратора БОР-1.

БТСС «SCOUT» может выполнять полевые работы комбинированным способом, когда на одном профиле размещены любая кабельная сейсмодатчик и регистраторы БОР-1, работающие от одного источника возбуждения. Формирование единой сейсмограммы производится в формате SEG-D.

Программный комплекс состоит из двух программных модулей:

«БОР-сервис» и «БОР-станция».

Программный модуль «БОР-сервис» используется:

- для диагностирования регистраторов БОР-1 и подключенных к ним групп геофонов;
- для задания параметров регистрации регистраторам БОР-1;
- для считывания информации о состоянии регистраторов БОР-1;
- для считывания сейсмической информации.

В процессе программирования регистраторов БОР-1 перед их размещением на местности, устанавливаются такие параметры как период дискретизации, коэффициент предварительного усиления, режим записи,

параметры тестирования.

Программный модуль «БОР-станция» используется:

- для описания топологии расстановки и списка ПВ вручную или импортированием из SPS файлов;
- для получения точных значений отметок момента (ОМ) для каждого накопления на каждом ПВ и сохранения их в базе данных;
- для построения сейсмических записей для каждого ПВ с использованием следующей информации:
 - данных о точных временах ОМ, сохраненных в базе данных;
 - файлов сейсмических данных, зарегистрированных регистраторами БОР-1;
 - SPS R-файлов, содержащих топо-

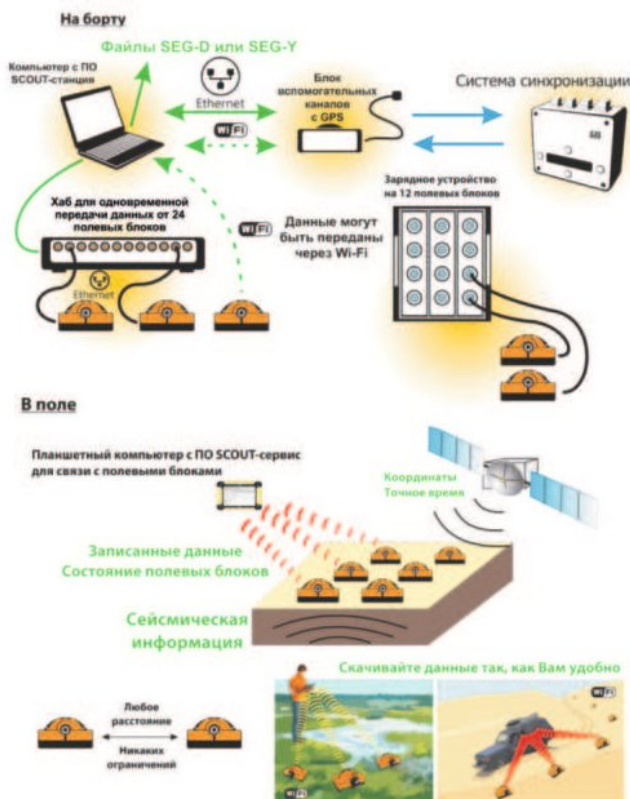
гию пунктов приема.

Принципиальная схема работы системы SCOUT показана на рис.7. Перед началом работ на профиле устанавливают блок синхронизации и вспомогательных каналов в кабине оператора и подключают кабель к блоку управления и синхронизации виброисточников/импульсных источников для записи свип- сигнала и КОМ на управляющий компьютер. На крыше кабины устанавливают выносную антенну для связи со спутником и получения меток точного времени с последующей их регистраций блоком синхронизации вспомогательных каналов. Дальнейший процесс полевых работ аналогичен кабельной системе. Команда «Старт» задается с управляющего компьютера в блок синхронизации и вспомогательных каналов, где формируется импульс «Старт» для системы управления источником. Обратно поступают импульс КОМ и метки времени со спутника.

В 2010г на Озинской площади осуществлено опробование бескабельной системы «SCOUT». Отработано 123 п. км по профилям, которые несколько месяцев ранее были пройдены с использованием кабельной системы по методике ВП ОГТ.

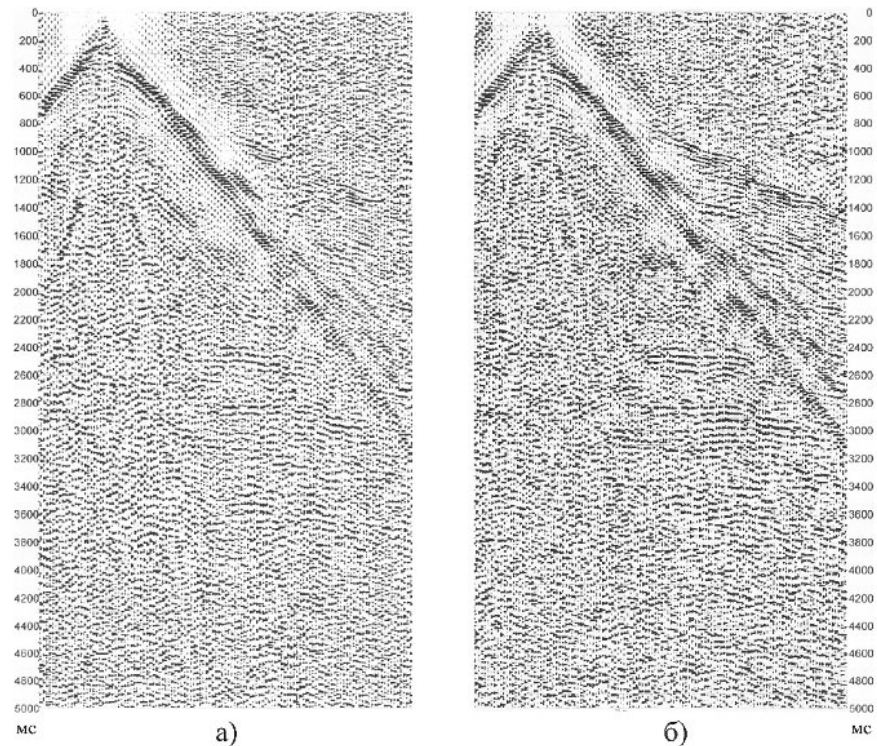
При ВП ОГТ использована многокомпонентная установка АМУС, при бескабельной системе «SCOUT» использована группа вертикальных сейсмоприемников, т.е. стандартная методика ОГТ. Параметры систем наблюдения и вибрационных возбуждений в обоих вариантах идентичны.

В результате выполненных работ



▲ Рис. 7. Принципиальная схема работы бескабельной системы "SCOUT" на борту и в поле.

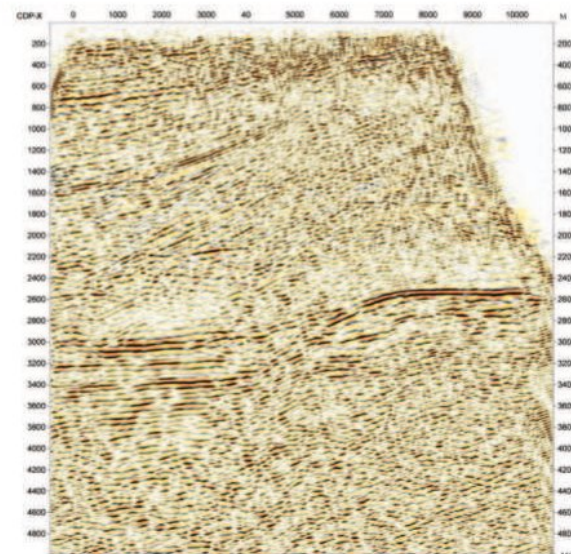
► Рис. 8. Сравнение сейсмограмм РР волн, зарегистрированных бескабельной и кабельной системами, профиль 21, Озинская площадь:
а) сейсмограмма, зарегистрированная бескабельной системой "SCOUT" (группа вертикальных сейсμοприемников);
б) сейсмограмма, зарегистрированная кабельной системой (установка АМУС, после преобразований двухкомпонентных записей по ВП).



получена сейсмическая информация с кабельной и бескабельной технологиями ведения полевых работ. В качестве примера на рис.8 приведены сейсмограммы, зарегистрированные бескабельной системой «SCOUT» (рис.8а) и кабельной системой (рис.8б). Сравнительная оценка показывает, что по форме записи, временам регистрации выделяемых отражений от надсолевых и подсолевых отложений сейсмограммы тождественны. Несколько динамичнее с ослаблением кратных преломлено-отраженных волн-помех выглядит сейсмограмма при кабельной регистрации волн (рис.8б), но это ни в коей мере не касается точности регистрации сейсмической записи бескабельной системы «SCOUT», так как при этой системе регистрации использовалась группа вертикальных сейсμοприемников, а при кабельной регистрации – многокомпонентная уста-

новка АМУС и сейсмограмма (рис.8б) получена после преобразования 2-х компонент по ВП.

По всем профилям, отработанным бескабельной системой «SCOUT», получен качественный сейсмический материал, составлены хорошего



▲ Рис. 9. Суммарный временной разрез, Σ_{60} , составленный по сейсмограммам, зарегистрированным бескабельной системой SCOUT, профиль 19а, Озинская площадь.

качества временные разрезы, соответствующие стандартной методике ОГТ.

В качестве примера, по профилю 19а представлен временной разрез (рис.9), на котором наблюдается качественное выделение отражений от надсолевого и подсолевого комплексов отложений в соответствии с моделью изучаемой среды. Это свидетельствует о том, что первичные сейсмические записи вдоль профиля, собранные бескабельной системой «SCOUT», зарегистрированы без каких-либо временных сдвигов и искажений, с качественной записью амплитуд и т.п., что и позволило их просуммировать и получить качественный временной разрез.

Все выше изложенное, а так же тот факт, что при опытном опробовании бескабельная система «SCOUT» позволила повысить существенно производительность и рентабельность работ по сравнению с кабельной регистрацией при ВП ОГТ, убедительно свидетельствуют о том, что бескабельная система «SCOUT» является весьма надежной высокоэффективной сейсморегистрирующей системой и в ближайшем будущем должна найти широкое применение при выполнении сейсморазведочных работ как в стране, так и за рубежом.

В 2012 году ОАО «СКБ СП» разработало новый автономный трёхканальный регистратор для бескабельной системы «SCOUT». Данный регистратор по форме и внешнему виду ничем не отличается от БОР-1 (рис. 6 б), но

позволяет регистрировать сейсмическую информацию на 3-х каналах. Система управления «SCOUT» сохраняется прежней. Применение трехканальных автономных полевых модулей открывает большие перспективы для использования двух-трехкомпонентных установок сейсмоприемников, включая АМУС, при выполнении сейсморазведочных работ.

Кроме того, имеется возможность подключения гидрофона к любому входу трёхканального автономного блока.

За счет упрощения ведения полевых работ многоволновая сейсморазведка (МВС) должна получить более широкое распространение на суше, первоначально в простых сейсмогеологических условиях. Именно в этих условиях проще выделять PS волны и составлять временные разрезы PS волн (рис.4), а также отрабатывать приемы совместной интерпретации PP и PS волн с привлечением AVO анализа, сейсмических инверсий и др. с целью прогноза коллекторских свойств и других характеристик исследуемых отложений.

В настоящее время практикуется применение сейсмических инверсий, используя только поле продольных PP волн, при этом сдвиговые инверсии базируются на ряде допущений и априорных данных о скоростях поперечных волн. При наличии поля PS волн (фактически S волн) сдвиговые инверсии могут быть получены по наблюдаемому полю S волн, что, естественно, повышает достовер-

ность прогноза.

На наш взгляд, распространение МВС целесообразно при использовании установок АМУС в двухкомпонентном или трехкомпонентном вариантах при высоконаправленной поляризационной модификации ОГТ (ВП ОГТ), поскольку эта модификация обеспечивает получение более качественных волновых полей РР и РS волн, в сочетании с бескабельной системой «SCOUT». Наибольшего эффекта следует ожидать в простых сейсмогеологических условиях. Для сложных сейсмогеологических условий, типа развитой соляно-купольной тектоники, необходимо осуществлять поиск более эффективных способов выделения и суммирования РS волн. Что касается конструкции АМУС (рис.1), то ее можно было бы усовершенствовать по габаритам и весу, если бы были разработаны малогабаритные электродинамические сейсμοприемники, но когда это произойдет - неизвестно. В настоящий момент представленная конструкция АМУС работает и дает хорошие результаты и может с успехом использоваться.

Организациям, фирмам, ведущим работы по поиску нефтегазовых объектов, рекомендуем смелее ставить работы МВС по выше изложенной технологии (даже просто кабельный вариант ВП ОГТ), особенно в относительно простых сейсмогеологических условиях, и вам будет сопутствовать успех в открытии месторождений.

Литература:

1. Пузырев Н.Н. Зарождение и развитие многоволновой сейсморазведки в России. Возбуждение и регистрация волн. «Геология и геофизика», Новосибирск 2003, № 4,5, том 44, сс.277-285,465-473.
2. Кузнецов В.М. Многоволновая сейсморазведка – новые перспективы и возможности. Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратовское отделение ЕАГО, № 03(05) 2003.
3. Шнеерсон М.Б. Многоволновая сейсморазведка (краткий обзор зарубежных публикаций). Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратовское отделение ЕАГО, № 03(05) 2003.
4. Жгенти С.А., Перегудов Ю.П., Кузнецов В.М. Многоволновая сейсморазведка (МВС). Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратовское отделение ЕАГО, № 03(05) 2003.
5. Куколенко О.В., Селезнев В.А. К вопросу совершенствования технологий сейсморазведки при изучении глубокозалегающих сложно построенных нефтегазоперспективных объектов. Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратовское отделение ЕАГО, № 03(35) 2011.
6. Куколенко О.В. Высокнаправленный прием сейсмических волн по признаку поляризации. «Недра Поволжья и Прикаспия», региональный научно-технический журнал, НВНИИГГ, четвертый выпуск, февраль 1993,г.Саратов.
7. Куколенко О.В. Патент СССР №1329410, Способ регистрации сейсмических колебаний/ Бюл. № 29, 1987.
8. Куколенко О.В. Обоснование высоконаправленного приема волн по признаку поляризации. Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратовское отделение ЕАГО, № 03(05) 2003.
9. Куколенко О.В., Живодров В.А., Селезнев В.А., Резепова О.П. Технология работ по высоконаправленной поляризационной

модификации ОГТ (ВП ОГТ). Журнал «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратовское отделение ЕАГО, № 03(05) 2003.

10. Гальперин Е.И. Поляризационный метод сейсмических исследований. М.,

«Недра», 1977.

11. Куколенко О.В., Воробьев В.Я., Писаренко Ю.А., Соколова И.П., Зуб Е.А., ФГУП «НВНИИГГ», г.Саратов. Оценка возможности выделения нефтегазовой структуры по подсолевым горизонтам во внутренней

Подробнее об авторах



Куколенко
Олег Васильевич

Зав. лаборатории сейсмо-
разведки, к.т.н.



Навроцкий
Александр Олегович

Зам. директора, к.г. - м.н.



Чернышев
Виталий Викторович

Инженер I категории



Зуб
Евгений Алексеевич

Инженер I категории



Тарасов
Николай Васильевич

Исполнительный директор
ОАО "СКБ СП", к.т.н



Гнатюк
Александр Иванович

Главный конструктор
ОАО "СКБ СП"



Селезнёв
Владимир Анатольевич

Главный инженер филиала
«Саратовская геофизическая
экспедиция» ФГУП «НВ НИИГГ»