

Технологии сейсморазведочных работ в переходных зонах на юге России

Мосякин А.Ю., ОАО «Краснодарнефтегеофизика», г. Краснодар

Как известно, на данный момент остались недоизученными территории, расположенные в промежуточных классических суша - водное пространство, до глубин 5-6 метров. Эти районы отличаются зачастую распространением маршей, лиманов, болот со стороны суши и мелководьем, которое изобилует мелями, косами и другими препятствиями для водного транспорта. Применение обычных транспортных средств и технологий, разработанных для суши, в транзитных зонах невозможно. В ОАО «Краснодарнефтегеофизика» создана и эксплуатируется уже несколько лет технология, позволяющая вести такие работы в сложных поверхностных условиях.

Основными составляющими комплекса являются:

- регистрирующие системы, позволяющие принимать сигнал как на суше так и в воде;
- источники сейсмического сигнала и транспорт для сложных поверхностных условий;
- топогеодезическое оборудование, обеспечивающее достаточную точность и пригодное для эксплуатации в различных условиях;
- специализированное программное обеспечение, помогающее корректировать спектральный состав сейсмической записи, полученный с различными источниками и приемниками;
- методические приемы, обеспечивающие регуляризацию сейсмозаписи, путем минимизации различий в системах наблюдения и регистрации.

Для регистрации используется телеметрическая сейсмостанция «Прогресс-Т155» с полевым оборудованием производства «СКБ сейсмического приборостроения» г.Саратов. «Прогресс - Т155» работает с различными типами импульсных и вибрационных источников сейсмических сигналов, позволяет регистрировать в реальном времени 4800-т сейсмических каналов с шагом дискретизации 2 мс, производит регистрацию в формате SEG-D. Система включает центральный регистрирующий комплекс и наземный комплекс аппаратуры.

Имеется уникальная возможность одновременного использования в расстановке одноканальных и многоканальных блоков сбора данных, что обеспечивает гибкость при проведении геофизических работ в сложных условиях переходных зон, при пересечении участков с высоким уровнем промышленных помех, существенно повышая производительность работ, качество регистрируемой информации. Блок БСД -1 имеет возможность подключения к одному входу гидрофона или геофона, в зависимости от условий работ. При комбинированной расстановке на одном профиле геофонов и гидрофонов производится коррекция фаз спектральных составляющих сигналов и выравнивание их уровня.

На мелководье и на заболоченных участках площади используются сейсмические приемники РС-901 в герметичных контейнерах, сгруппированные по три прибора GS-20 DX. На водных участках, где глубина превышает 1,5 м, установка болотных сейсмоприемников затруднена, в следствие чего применяются гидрофоны (с пьезодатчиками ПДС-7).

На чистой воде возбуждение упругих колебаний производится с различным шагом путем погружения в воду пневмоисточника (ПИК-3)

Возбуждение упругих колебаний в транзитной зоне производится путем опускания в пробуренную скважину глубиной 5-6м, погружного пневмоисточника ПИК-3 или ППИ-09. Количество накоплений подбирается при выполнении опытных работ.

Источник ПИК-3 (производства ООО «Ингео-

сейс») рассчитан на работу в заполненных жидкостью скважинах при глубине погружения до 60 м. Источник относится к типу групповых пневматических источников [1] и использует в качестве рабочего тела сжатый воздух при давлении до 15,0 МПа. Конструкция пневмоисточника обеспечивает возможность объединять в одной группе до 5 идентичных излучателей с объемами рабочих камер 1,0 дм³.

Величина энергии, запасаемой в источнике на одно воздействие, определяется количеством излучателей в группе N и составляет не менее 30 кДж при N = 1 и не менее 150 кДж при N = 5.

- Количество рабочих камер в изделии, шт 5
- Полный рабочий объем каждой камеры не более, дм³ 1
- Рабочее давление, МПа $8...15 \pm 0,5$
- кгс/см² $80...150 \pm 5$
- Задержка срабатывания изделия при разбросе давления сжатого воздуха $\pm 2,5\%$ составляет не более, с 0,016
- Разброс задержки срабатывания не более, с $\pm 0,001$
- Основная излучаемая энергия сигнала приходится на диапазон частот, Гц 15-120
- Продолжительность непрерывной работы изделия, циклы, не менее 5000
- Габаритные размеры изделия (без коммуникаций), мм, не более 1940
- Длина 125
- Диаметр 120
- Масса изделия, кг, не более 120
- Общий ресурс работы изделия, циклов 30000
- Средний срок службы изделия, лет 1
- Вероятность безотказной работы изделия при наработке 10000 циклов $\times$ 0,95
- Изделие относится к восстанавливаемым изделиям.
- Среднее время восстановления, ч 2
- Воздуховоды изделия и рукава высокого давления должны выдерживать пробное давление сжатого воздуха не менее МПа 25
- кгс/см² 250
- или ППИ-09 [2]
- Давление сжатого воздуха, МПа: минимальное 5.0
- максимальное 15.0
- Диапазон частот возбуждаемых колебаний, Гц 10 - 200
- Рабочий объем одной секции камеры, дм³ 2.0
- Число секций в камере, шт 2
- Энергия, запасаемая в одной секции, кДж 36.0
- Разброс задержки срабатывания, мс ± 0.5
- Напряжение управляющего электрического импульса, В 250+50
- Наибольший поперечный размер пневмокамеры, мм 135
- Длина камеры (из двух секций), мм 1500
- Масса камеры (из двух секций), кг 60

- Максимальная глубина погружения камеры, м

100

Для открытой воды используются следующие транспортные средства;

- специализированный взрывной пункт на самоходном понтоне «Геофизик», оборудованный компрессором ДК-10, системой синхронизации, пультом управления источником и буксируемым катамараном с оборудованием для подвески группы пневмоисточников в количестве до 6 штук;
- катамараны в количестве 2 штук для транспортировки сейсмостанции и полевого оборудования а также оборудования под взрыв-пункт с компрессором ДК-10, системой синхронизации, пультом управления источником с оборудованием для подвески двух пневмоисточников;
- катер БМК-500;
- моторные лодки в количестве 3-х штук.

Для лиманно-плавневых зон и зон предельного мелководья до 1.5 метров:

- вездеходный плавающий транспорт на базе гусеничного транспортера ГАЗ-34037;
- буровое оборудование на базе установок «Опенок» и «Крот-2», обеспечивающее бурение скважин для возбуждения, шнеками на глубину 5-6 метров;
- специализированные передвижные компрессора, создающие давление до 150 атмосфер, для взрывного пункта.

Вышеперечисленная техника обеспечивает транспортировку сейсмостанции, буровых агрегатов, взрывного пункта, топогеодезической бригады, раскладку и установку принимающей аппаратуры.

Геодезическая привязка сейсмических профилей осуществляется приемником спутниковой дифференциальной системы DGPS Trimble DSM 232 с поддержкой глобального дифференциального сервиса Omnistar.

В сухопутной части разбивка профилей производится с установкой вешек по линиям приема и возбуждения. В водной части определение координат по профилям ведется непосредственно во время размотки сейсмокока и установке гидрофонов на пикет при видении судна по линии профиля с использованием программы навигационного обеспечения Hydro Pro. При отработке линий возбуждения судно (источник возбуждения) при выходе на пикет производит возбуждение сейсмических сигналов и определение координат, используя Hydro Pro в реальном режиме времени.

Приемник DSM 232 обеспечивает необходимый дециметровый или сантиметровой уровень точности при проведении съемочных работ на акваториях лиманов, рек, морей.

Абсолютная точность определяется на основании независимых определений местоположения на ближайшем к району работ триангуляционном пункте.

Как указывалось выше, при выполнении полевых сейсморазведочных работ в водной части профилей используются гидрофоны (на основе пьезоэлементов для морской сейсморазведки ПДС-7), а на сухо-

Таблица 1. Технические характеристики GPS приемника метровой точности DGPS Trimble DSM 232

GPS Pathfinder коловая постобработка	СКО < 1м
Обработка в реальном времени	СКО < 1м
Совмещенный прием	Сервис Omnistar VBS, XP, HP
Скорость обновления	10 Гц
Протоколы NMEA	Промышленный стандарт для вывода GPS данных. Поддерживаемые типы сообщений – GGA, VTG, GLL, GSA, ZDA, GSV, RMC.
Протоколы TSIP	Стандартный интерфейсный протокол Trimble для управления всеми операциями по вводу/выводу GPS приемника
Связь	COM - порт

путной части — геофоны GS-20DX.

Пьезоэлектрический датчик гидрофона – измерителя величины звукового давления Р – реагирует на изменение общего давления Р, или - на ускорение (при частоте сигнала меньшей собственной частоты датчика) элементов (частиц) жидкой среды в соответствии с уравнением (1)

$$\text{ускорение по оси X равно } \frac{dR}{dx} = -\rho \frac{\partial^2 \Sigma_x}{\partial t^2}, \quad (1)$$

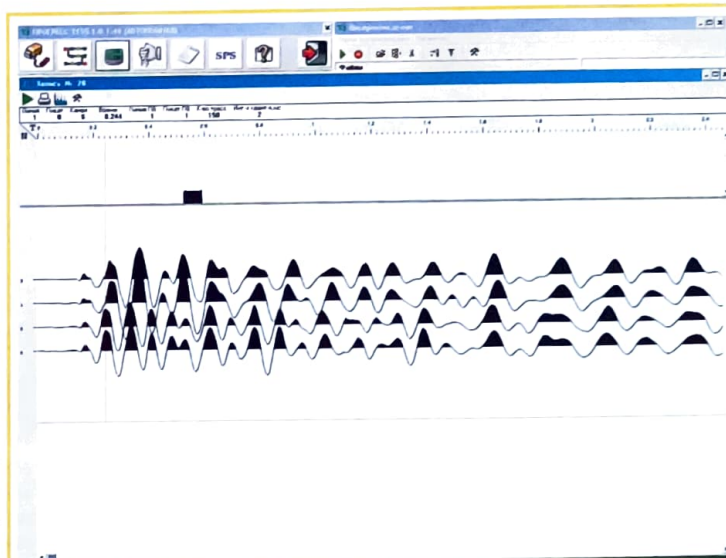


Рис. 1. Записи геофонов (трассы 3-4) и гидрофонов (трассы 5-6)

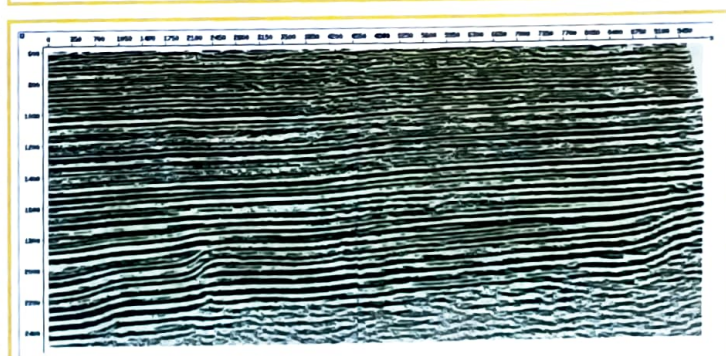


Рис. 2. Временной разрез по профилю суша-лиман. Граница суша-вода (ПК 4600) выделена синим цветом (Приазовье)

СЕЙСМОРАЗВЕДКА НА МОРЕ И НА СУШЕ В ТРАНЗИТИВНЫХ ЗОНАХ

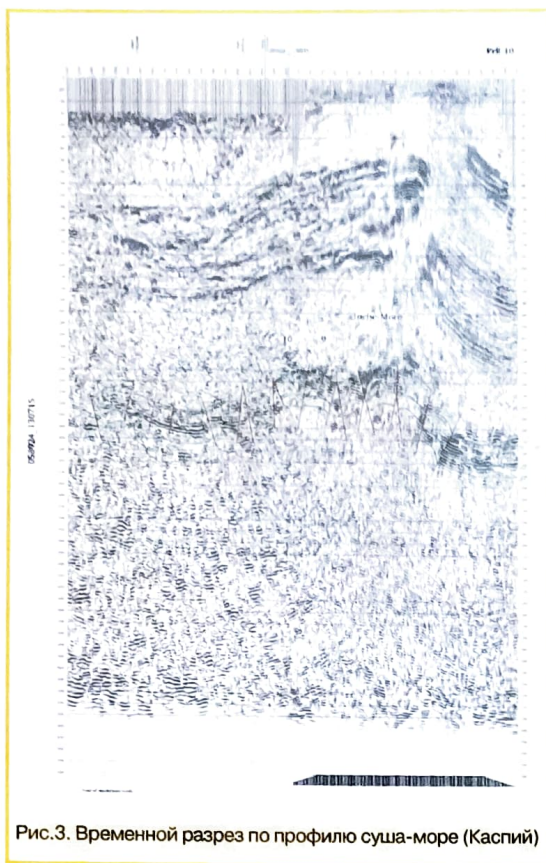


Рис.3. Временной разрез по профилю суша-море (Каспий)

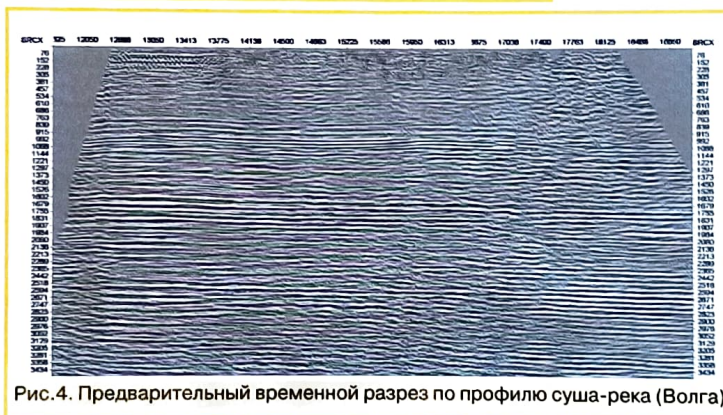


Рис.4. Предварительный временной разрез по профилю суша-река (Волга)

где Σx – смещение элементов среды по направлению x ; ρ – плотность среды.

В уравнении (1) давление R является функцией времени t :

$$R = -\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} = i\omega \rho \Phi, \quad (2)$$

где Φ – потенциал смещения Σ элементов среды; ω – угловая (круговая) частота: $\omega = 2\pi f$; f – циклическая частота; i – мнимая единица.

Для гармонически изменяющейся волны

$$\Phi = Me^{i\left(\frac{r}{c} - t\right)}, \quad (3)$$

где r – расстояние от источника волн; c – фазовая скорость распространения волны; M – амплитудный множитель.

Из соотношений (2) и (3) следует, что амплитуда гармонической волны, регистрируемая датчиком гидрофона, пропорциональна $i\omega M$, то есть выходной сигнал гидрофона сдвинут по фазе (фактор i) относительно выходного сигнала геофона на 90° . Это положение справедливо для волновых сигналов, частота которых ниже собственной частоты пьезоэлектрического датчика гидрофона (собственная

частота ПДС-7 более 1 КГц).

В сейсмостанции «Прогресс Т-155» предусмотрена возможность сдвига фаз всех спектральных составляющих принятого сигнала, описанной группы гидрофонов на указанную величину. Кроме того предусмотрена коррекция амплитуды описанной группы гидрофонов, для приведения амплитудной идентичности группы геофонов и группы геофонов. Перед началом работ необходимо установить следующие значения:

- Сдвиг фазы группы гидрофонов 90 градусов;
- Коэффициент приведения амплитуд гидрофонов 10 .

На результаты двухсенсорных измерений в водной среде различной глубины значительное влияние может оказывать интерференция возбужденных волн и волн-спутников, результаты которой зависят от глубины погружения источника, что сильно изменяет форму посылаемого волнового сигнала. Мощность водного слоя не всегда позволяет выбрать оптимальную глубину, при которой волна-спутник четко выделяется отдельно от первичной волны, в этом случае фазы давления и скорости могут быть по-разному сдвинуты в результирующей волне. Зависимость частотных характеристик сигнала источника от глубины дна приводит к изменению динамических характеристик регистрируемых волн.

Гидрофон и геофон имеют различные характеристики направленности, поэтому влияние глубины дна на динамические характеристики принимаемых отраженных волн для них различно.

На рис. 1 приведен пример сейсмограммы на которой 3-4 каналы записи выходных сигналов геофонов и 5-6 каналы записи гидрофонов, установленных в одной точке (расстояние между приборами ~ 15 см) на глубине 2.5 м, расстояние до источника возбуждения сейсмического сигнала ~ 50 м. Сдвиг фазы группы приемников на данной записи не применялся.

При его рассмотрении видны сдвиги фаз между соответствующими элементарными волнами различных трасс (3-4 геофоны, 5-6 гидрофоны). При этом также можно заметить, что их величины не всегда одинаковы для различных точек записи, то есть сдвиг на 90° не обеспечит строгого соответствия, которое требуется, в идеале, при процедурах суммирования данных скорости и звукового давления.

Для наиболее рационального способа исключения фазового несоответствия между указанными данными, очевидно необходимо тестирование данных измерений в выделенном пространственно-временном окне.

Увязывание систем наблюдений на суше и воде происходит путем поточной регистрации - возбуждение на суше и прием на всю расстановку, лежащую в различных условиях, и, соответственно, наоборот - возбуждение на воде и прием опять-таки всей приемной расстановкой.

Данная методика позволяет подучить кондиционные материалы в различных условиях Приазовья (Азовское море, лиманы, плавни, рисовые чеки) (рис.2), Каспия (Каспийское мелководное море, пляжи, песчаные косы и отмели) (рис.3), реки Волга (плубоководная река) (рис.4) и т.д.

Литература:

1. Пневматический излучатель ПИК-3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ООО «ИНГЕОБЕКТОР», 2008 г.
2. Погружной пневматический источник ППИ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ППИ-09.00.000 ТО АО «Импульс ЛТД», 1998.