

Опыт применения системы XZone® Marsh Line при 2D и 3D технологиях сейсмических исследований на предельном мелководье транзитных зон

Жгенти С.А., Запорожец Б.В., компания «СИ Технолоджи Инструментс», г. Геленджик

В последние годы особую актуальность приобрели сейсмические исследования в транзитных зонах, которые, благодаря развитию аппаратурно-технической оснащенности сейсморазведки, стали, наконец, для неё доступными.

Несмотря на очевидный и давний интерес добывающих компаний к территориям, покрытым водой, но находящимся в зоне, доступной для бурения с суши, сейсмические исследования в транзитных зонах долго имели второстепенный статус. В этот период решались такие задачи как картирование замыкания структур, уходящих в водную среду (водохранилище, озеро, залив) или картирование отражающих горизонтов под водным препятствием. Именно по причине второстепенного значения подобных исследований, долгое время не уделялось внимания развитию специализированного сейсморазведочного оборудования и технологии работ в транзитных зонах.

В большинстве случаев из создавшегося положения выходили, адаптируя к водным условиям сухопутное оборудование и технологии проведения сухопутных исследований («Петроальянс» – радиосистему «TWU» с болотными геофонами от «Инпут/Аутпут», «Южморгеология» – систему «Бокс» от «Файер Филд» с болотными геофонами, «Краснодар-нефтегеофизика» – систему «Прогресс» со специальной дополнительно герметизированной модификацией геофонов на штырях длиной до 1 м).

Системы наблюдений и технологические схемы перемещения оборудования при проведении данных работ в транзитных зонах полностью повторяли сухопутные, и потому достигаемая производительность работ и качество материала были, в лучшем случае, удовлетворительными.

Однако, с развитием и широким распространением наклонного и горизонтального бурения, когда продуктивные объекты под транзитными зонами стали более доступными с суши, объем заказов на проведение сейсмических исследований в транзитных зонах резко вырос, а сами работы стали самостоятельным видом сейсмических исследований.

Практически все ведущие мировые производители предложили на рынок специальное сейсморазведочное оборудование для проведения исследований в транзитных зонах.

Среди систем сбора сейсмических данных для транзитных зон особо выделяется система XZone® Marsh Line производства компании «СИ Технолоджи», унаследовавшая от морских систем принципы питания и раскладки косы с барабана (спуско-подъемного устройства – СПУ). Это обеспечивает системе XZone® Marsh Line некоторые преимущества перед другими системами сбора данных.

Система XZone® Marsh Line имеет сейсмическую косу, выполненную на основе прочного кабель-троса. Для приёма колебаний на каждом канале используются одиночные геофоны и гидрофоны, вместе с АЦП и необходимой для каждого канала электроникой, помещенные в

специальные металлические модули, вмонтированные в кабель-трос (полевые модули). Вертикальная ориентация геофонов достигается применением специальных карданных необходимых контакт с грунтом – собственным весом модулей (около 7 кг) и усилием натяжения кабель-троса. Питание полевых модулей осуществляется по косе от центральной станции регистрации. В стандартном варианте система может использоваться для 2D 2C работ. Существует конструкция полевых модулей с установленными в карданные подвесы 3-мя ортогонально направленными сейсмоприемниками (3C), что увеличивает возможности приема колебаний до четырехкомпонентного (3C+ гидрофон= 4C). При необходимости проведения 3D исследований, каждая из таких кос с регистратором, обеспечивающим сбор данных и питание косы, располагаются на отдельном транспортном средстве. Все регистраторы с помощью кабеля или по радиоканалу связываются в локальную компьютерную сеть. Ограничений по времени нахождения косы в воде не существует, поэтому предельные возможности системы XZone® Marsh Line могут быть определены как 4C4D.

Важная отличительная особенность системы в том, что при организации на месте работ любых 2D и 3D систем наблюдений никаких дополнительных источников питания не используется.

Размещение косы на СПУ исключает необходимость её ручной раскладки и делает возможным её буксировку, позволяя на порядок повысить производительность работ.

В случае простоя по погодным условиям, коса может быть оставлена на профиле. При этом благодаря своему дизайну и тяжелому весу, она нигде не смещается даже при сильных течениях и штормах, а при повторном подключении к станции снова готова к регистрации данных.

Система XZone® Marsh Line уже на протяжении многих лет с успехом используется рядом сервисных компаний («Южморгеология», «Гео-Хазар», «Донгеофизика» и др.), которые проводят исследования в транзитных зонах на глубинах от 2 до 10 м.

При проведении сейсмических исследований в транзитных зонах и их предельно мелководной части (в интервале глубин 1,5 - 0,3 м), для получения качественных материалов необходим правильный выбор и тщательная оптимизация каждого из элементов технологии:

- эффективных систем наблюдений;
- источников возбуждения колебаний;
- способов позиционирования оборудования;
- транспортных средств, обеспечивающих перемещение оборудования по площади работ.

Оптимальная технология проведения сейсмических исследований с системой XZone® Marsh Line в условиях предельного мелководья транзитных зон успешно разработана специалистами компании «СИ Технолоджи Инструментс» и опробована в 2007 г. компанией «Донгеофизика».

Общий объем исследований с применением данной технологии составил около 600 пог. км. Пробы проведены в условиях наиболее интересного с практической точки зрения предельного мелководья (глубины от 0,5 м) на территориях Нижнекамского водохранилища и в русле реки Вятка. На реке Вятка, также впервые, проведены 3D работы по системам наблюдений площадных сейсмондирований МОГТ с использованием элементов применения системы Marsh Line.

В рамках одной статьи невозможно подробно осветить весь процесс применения системы, поэтому ограничимся схематичным описанием его основных моментов.

Системы наблюдений.

Когда становится возможной буксировка косы, сейсмические наблюдения с системой XZone® Marsh Line проводятся по системам наблюдений волновых зондирований МОГТ (исключение составляют транзитные зоны пляжного типа, имеющие ровное дно со спокойным рельефом без широкого распространения водной растительности (рис.1)). Такие зондирования обрабатываются с применением 2-х судовой технологии проведения работ. При этом коса раскладывается с судна в обрабатываемом интервале профиля, а источник, расположенный на другом судне, перемещается вдоль косы, и, с определенным интервалом вдоль профиля, производит возбуждение колебаний. Начальный и конечный вынос источника за пределы расстановки, равный половине её длины, и полное смещение расстановки после её отработки без перекрытия ПП, обеспечивает получение равномерной кратности прослеживания вдоль профиля.

Такая технология организации профильных наблюдений с равномерной кратностью при использовании системы XZone® Marsh Line является оптимальной для большинства типов строения транзитных зон.

Транспортные средства.

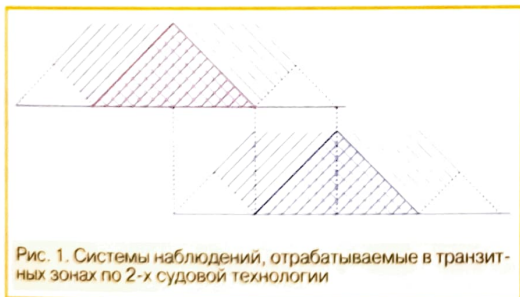


Рис. 1. Системы наблюдений, обрабатываемые в транзитных зонах по 2-х судовой технологии

Перемещение оборудования в транзитных зонах - это ключевая проблема. Применение для этого стандартных транспортных средств не эффективно, а в ряде случаев просто невозможно. Для проведения работ в условиях транзитных зон в компании «СИ Технолоджи» разработано и изготовлено специальное транспортное средство, получившее название «TORTUGA» (рис.2). Судно «TORTUGA» - это самоходный понтон-катамаран, с малой осадкой (до 0,3 м) и большой грузоподъемностью (более 10 тонн), с движителями в виде гребных колес, обеспечивающими скорость движения судна до 10 узлов. Каждое гребное колесо имеет привод от отдельного двигателя заданной мощности, что обеспечивает высокую маневренность судна и развитие достаточного буксировочного усилия. Судно «TORTUGA» беспрепятственно перемещает тяжелое оборудование по терри-



Рис. 2. Самоходное судно «TORTUGA»: А - схематическое изображение, Б - внешний вид.

ториям транзитных зон, поросших водорослями, когда применение судов с винтовыми двигателями невозможно. Легко преодолевает участки с резким увеличением глубин (ямы и судовые ходы). Форсирует отмели и осушенные участки и позволяет доставлять технологическое оборудование практически до кромки береговой линии. На каждом из таких судов, кроме технологического оборудования, есть возможность размещения 4-х человек.

Очень важна и мобильность судов типа «TORTUGA». Конструкция судна позволяет разобрать или собрать его в течение одного рабочего дня и перевезти на любое расстояние в длинном прицепе грузового автомобиля.

В работах компании «Донгеофизика» использовались два судна «TORTUGA»: раскладчик и источник.

Навигация и позиционирование оборудования.

Для целей навигации и позиционирования оборудования при работах в транзитных зонах до глубин 10м, компаний «СИ Технолоджи» разработана специальная система «N & P», являющаяся опциональным приложением систем XZone®.

В период проведения исследований системы «N & P» находилась в стадии обкатки, поэтому при описываемых работах использовалась стандартная навигационная система HYDRA, работающая в реальном времени (с одной базовой станцией) в системе GPS. Каждое из судов «TORTUGA» было оборудовано полевыми приемниками системы HYDRA и цифровыми эхолотами. Координаты, скорость движения судов и глубины дна отображались в реальном времени на экране монитора, расположенного в рулевой рубке. Движение судов осуществлялось в заранее выбранном коридоре, выведенном на экране навигационного компьютера.

При раскладке косы, специальный «датчик схода модуля», установленный на корме судна-

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

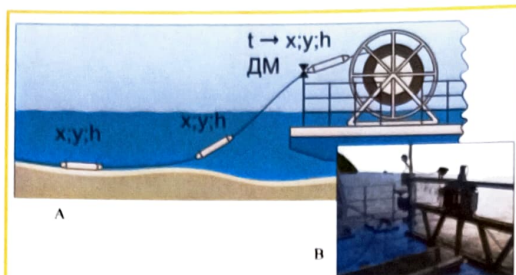


Рис. 3. Датчик схода модуля. А – схема, объясняющая фиксацию координат и глубины укладки приемного модуля; Б – внешний вид датчика, установленного на корме раскладчика косы.

раскладчика (рис.3) подавал команду на фиксацию и запись в SPS файл координат укладки и глубины погружения.

Система синхронизации работ в процессе движения судна-источника подавала команду на возбуждение и регистрацию колебаний, а также запись координат и глубины каждой точки возбуждения в массив SPS файла.

Таким способом были обеспечены навигация и позиционирование приемного оборудования и источника колебаний на всей площади работ. Точность плановой привязки составила ± 3 м, а точность определения глубин $\pm 0,1$ м.

Разработанная система позиционирования приемного оборудования оптимальна для использования системы XZone® Marsh Line при работах в транзитных зонах на глубинах от 0 до 10 м.

Источник возбуждения колебаний.

В большинстве случаев при проведении сейсмических исследований в транзитных зонах для возбуждения колебаний используются стандартные пневмопушки, обычно применяющиеся при морских работах с объемами камер около 1 литра. При этом для возбуждения колебаний достаточной интенсивности применяют небольшое площадное группирование 7–10 таких излучателей. Однако возможность их применения ограничивается глубиной более 1,5 м. При меньших глубинах применение таких излучателей становится неэффективным. Погружение излучателей в специальные мелкие скважины нецелесообразно по причине потери производительности работ.

В описываемых работах для возбуждения колебаний использовалась площадная группа безоткатных малообъемных излучателей «МАЛЫШ» производства компании «ПУЛЬС». Группа из 12-ти излучателей монтировалась на специальных консолях, расположенных за кормой (рис. 4). На борту судна располагались компрессор, ресивер и другое технологическое оборудование, позволяющее обеспечивать возбуждение колебаний с интервалом в 6 секунд или дистанцией по профилю 10 м при выбранной скорости устойчивого движения судна. Применение такого источника возбуждения колебаний позволило зарегистрировать отраженные волны с приемлемым соотношением сигнал/помеха в полосе частот до 200 Гц (рис. 5).

Эффективность разработанного оборудования и технологии его применения подтверждается хорошим качеством материала, полученного при проведении работ на Нижнекамском водохранилище. На рис. 6 приведен пример предварительного временного разреза, полученного в результате полевых работ по разработанной технологии. Качество освещения гео-



Рис. 4. Внешний вид судна-источника.

логического разреза сравнимо с результатами стандартных работ МОГТ на суше.

Ни одна из российских сервисных компаний до этого не бралась за проведение исследований в таких условиях.

Глубины водохранилища на исследуемой площади колебались в пределах от 0,5 до 15 м.

На участках с малыми глубинами (около 35% территории) движение винтовых судов затруд-

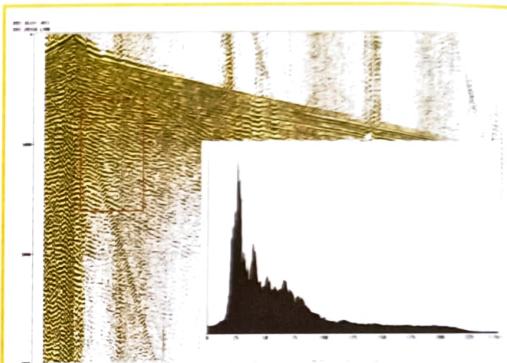


Рис. 5. Сейсмограмма ОТВ и спектр зарегистрированных колебаний.

нено из-за густых зарослей водорослей и отелей, покрытых травой и кустарником.

Всего на территории Нижнекамского водохранилища с применением описанной технологии отработано более 350 пог. км профилей с кратностью перекрытий 120. Производительность работ, в зависимости от погодных условий, в среднем составляла 6–18 пог. км в смену.

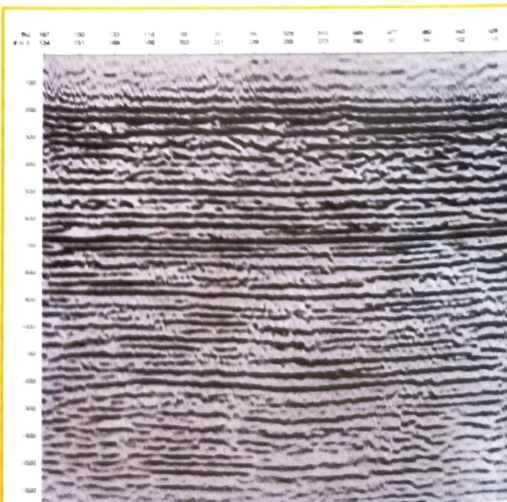


Рис. 6. Пример предварительного временного разреза (по материалам работ на Нижнекамском водохранилище).

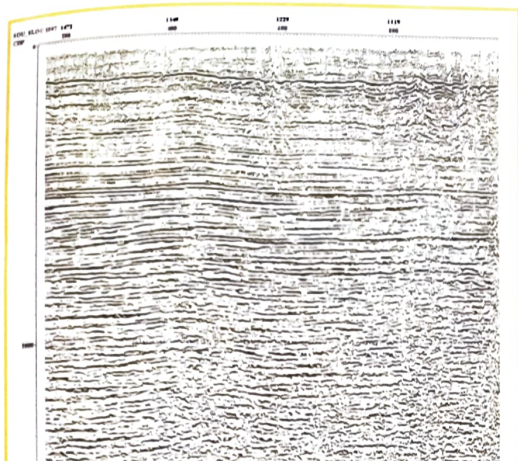


Рис. 7. Пример предварительного временного разреза по криволинейному профилю, отработанному на р. Вятка.

Другой интересный и успешный опыт применения описанной технологии получен компанией «Донгеофизика» в 2007 г. на реке Вятка. По руслу реки было отработано около 130 пог. км криволинейных профилей МОГТ. На рис. 7 приведен фрагмент временного разреза, полученного в результате предварительной обработки полевого материала по криволинейному профилю, проходящему по руслу реки. Приведенные материалы показывают высокое качество и детальность отображения

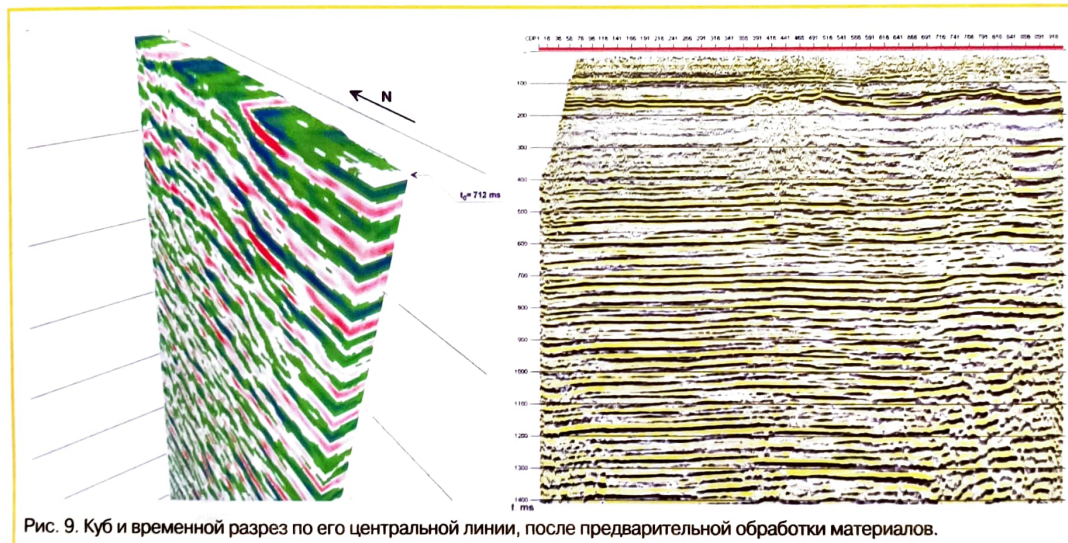


Рис. 9. Куб и временной разрез по его центральной линии, после предварительной обработки материалов.

геологической среды при уверенном прослеживании всех основных и отражающих горизонтов.

На реке Вятка с использованием описанной технологии применения системы XZone® Marsh Line, впервые были проведены 3D работы по системе наблюдений площадного сейсмозондирования. Для организации 3D-шаблона использовалась приемная расстановка «змейкой» (рис.8). Источник перемещался в направлении in-line и проводил возбуждение колебаний с интервалом около 10 метров по профилю наблюдений. Начальный и конечный вынос ПВ составлял (где позволяло русло реки) половину длины приемной линии. После полной отработки приемная расстановка сдвигалась по профилю без перекрытия ПП.

В результате проведения работ впервые в

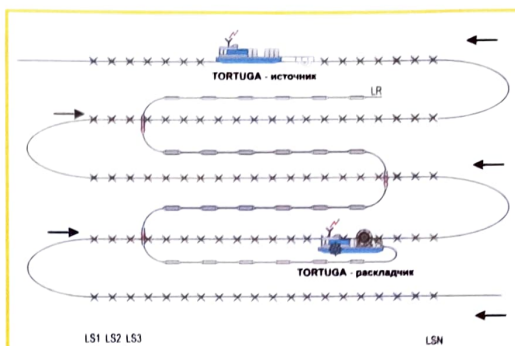


Рис. 8. Расстановка «змейкой», использованная при проведении 3D работ на р.Вятка.

речных условиях получены кондиционные материалы 3D сейсмозондирования. На рис. 9 приведен куб и временной разрез по его центральной линии, полученные по результатам предварительной обработки данных. Приведенные материалы подтверждают высокую эффективность освещения исследуемого геологического разреза **с применением данной технологии.**

В завершение необходимо отметить, что разработана эффективная технология проведения 2D и 3D сейсмических исследований для большинства типов строения транзитных зон, что впервые делает возможным проведение таких исследований в промышленных масштабах.

Однако строение транзитных зон в разных климатических и поверхностно-геологических условиях настолько разнообразно, что другой тип строения зон может потребовать нового витка оптимизации технических средств и технологий их применения. В любом случае, до сих пор проведение сейсмических работ в транзитных зонах - это «ручная работа», а всякая разработанная и эффективная технология - это «штучное изделие».

Литература.

1. Баленко С.Н., Крутов А.П. Система XZone® Marsh Line – от испытаний до производственной эксплуатации. «Приборы и системы разведочной геофизики» №1/2005г.
2. Жгенти С. А., Запорожец Б.В. Сбор данных и телеметрия переходных зон. «Приборы и системы разведочной геофизики» №3/2005.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ