

Основные преимущества сейсмической телеметрической системы «ТЕЛСС-3» при малоглубинных исследованиях

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

Основные объемы малоглубинных исследований проводятся при инженерно- геофизических исследованиях, поиске и разведке рудных, угольных месторождений, а так же для изучения скоростных характеристик верхней части разреза (ВЧР) при поиске и разведке месторождений нефти и газа.

Если для инженерно- геофизических работ глубина исследований не превышает 100 м, то при поиске рудных и угольных месторождений глубина исследований достигает

500-1000 м. При изучении ВЧР глубина исследований обычно составляет не более 300-500м.

Для регистрации данных используются в основном линейные сейсмические станции. Это «Прогресс-Л» (СКБ СП), «Эллисс» (ООО «ГЕОСИГНАЛ») SGD-SEL (Сибгеофизприбор) «Лакколит» (ООО «ЛОГИС»). В последние годы начинают активно внедряться телеметрические сейсмические системы, ориентированные на малоглубинные сейсмические исследования, - сейсмическая станция «ТЕЛСС-3» (ООО «ГЕОСИГНАЛ») и сейсмическая станция SGD-SEL (Сибгеофизприбор).

Основные технические характери-

стики вышеуказанных станций приведены в табл.1 (параметры систем взяты из рекламных проспектов).

Как следует из таблицы 1, наиболее высокими параметрами обладает станция ТЕЛСС-3, что связано с применением в ней прецизионным аналого-цифровым преобразователем с расширенным динамическим диапазоном (32бит).

Основные преимущества телеметрических систем перед линейными станциями заключаются в следующем:

1. Высокая устойчивость к электромагнитным, природным и техногенным помехам;
2. Высокий динамический диапазон системы (более 130 дБ при разрядности АЦП32 бита);
3. Минимальные взаимные влияния между каналами;
4. Широкие возможности проведения 2D, 3D, 4D сейсмических работ;
5. Существенно более высокая надежность системы при минимальном резервировании.

- Высокая устойчивость к электромагнитным помехам реализуется благодаря наличию 4-канальных цифровых полевых модулей (ТЕЛСС-3), соединенных между собой 8-жильным

Таблица 1

	ЛАККОЛИТ-Х-МЗ	SGD-SEL	ЭЛЛИСС-3	ТЕЛСС-3	SGD-SET
Кол-во каналов	24	24,48	24-96	960	394
АЦП, бит	24	24	24	32	24
Мгновенный динамический диапазон, дБ	100	105	120	130	105
Период Дискретизации, мс	0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0	0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0	0,0125; 0,025; 0,05; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0	0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0	0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0
Уровень шума, мкВ	0,2	0,15	0,1	0,08	0,15
Коэффициент нелинейных искажений, %	0,007	0,003	0,001	0,0005	0,003
Взаимные влияния между каналами, дБ	100	130	110	130	110
Потребляемая мощность на один канал, мВт	0,25	0,5	0,12	0,15	0,5

кабелем, обеспечивающим энергоснабжение, передачу данных в цифровом виде и подключение четырех сейсмоприемников (по два с каждой стороны модуля). При этом максимальная длина кабеля, соединяющего модуль и сейсмоприемники, при шаге последних по профилю 2,0 м, составляет 2,9 м на всем протяжении сейсмической косы.

В телеметрической системе SGD-SET используется четырехжильный кабель и два сейсмоприемника (вертикальные и горизонтальные компоненты) встроены в полевой модуль, а расстояния между модулями для инженерно-геофизических работ могут быть выбраны равными 2,5 м или 5 м.

- Высокий мгновенный динамический диапазон позволяет с высокой точностью регистрировать как полезный сигнал, так и помехи, а это, в свою очередь, позволяет получить более качественный результат при обработке данных измерений.

- Взаимные влияния каналов в линейных станциях существенно зависят от системы сбора данных и качества кабеля, используемого для подключения сейсмоприемников. Именно в кабеле из-за емкостных связей между проводами, подключающих сейсмоприемники, взаимное влияние максимально, особенно при длине кабеля 200-500 м. В линейной 48-канальной сейсмической станции минимальная длина проводников сейсмической косы, подключающей к ней первый сейсмоприемник, составляет более 2 м, второй - более 4 м, последний - более 96 м. На сейсмические косы влияют электромагнитные, природные и техногенные помехи, которые, надо отметить, в линейных станциях в среднем в 16 раз, а на последнем канале в 32 раза выше, чем в телеметрических системах, причем на последних каналах полезный сигнал существенно ослаблен.

- Телеметрические системы позволяют в стандартной конфигурации реализовать технологии 2D, 3D с числом линий не менее 4-х, технологию широкого профиля и др. Это позволяет существенно повысить надежность результатов сейсмических исследований при изучении геологического

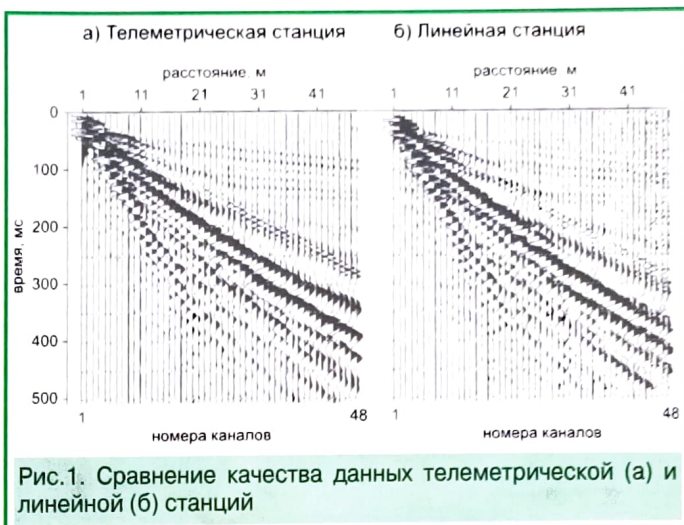


Рис.1. Сравнение качества данных телеметрической (а) и линейной (б) станций

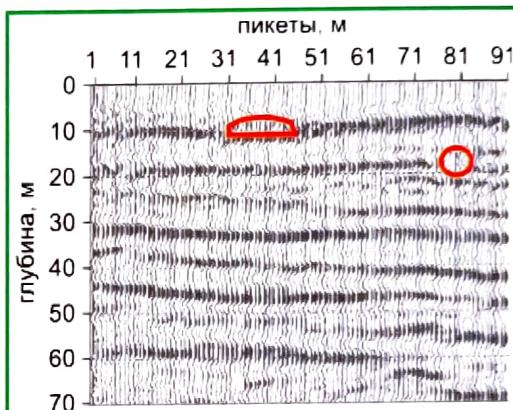


Рис. 2. Пример высокого разрешения глубинного сейсмического разреза, полученного при использовании телеметрической системы. Красными линиями обведены: неоднородности геологической среды на пикетах 29-44 м (песчаная линза); неоднородность на пикетах 75---81 м (зона разуплотнения в кровле толщи известняка)

строения оснований объектов повышенной ответственности и подвергающихся динамическим нагрузкам.

- Высокая надежность телеметрической системы определяется ее блочной структурой (ТЕЛЛС -3), в которой полевые модули и телеметрические кабели соединяются надежными разъемами. Наличие в резерве одного модуля, кабельного соединения, интерфейса телеметрической линии позволяет гарантированно получать качественные результаты в самых отдаленных регионах России (о. Сахалин, п-ов Камчатка, Крайний Север и др.).

В то же время для обеспечения должного уровня надежности работы в удаленных регионах для линейной сеймостанции необходим двойной запас основных блоков.

На рисунке 1 приведено сравнение

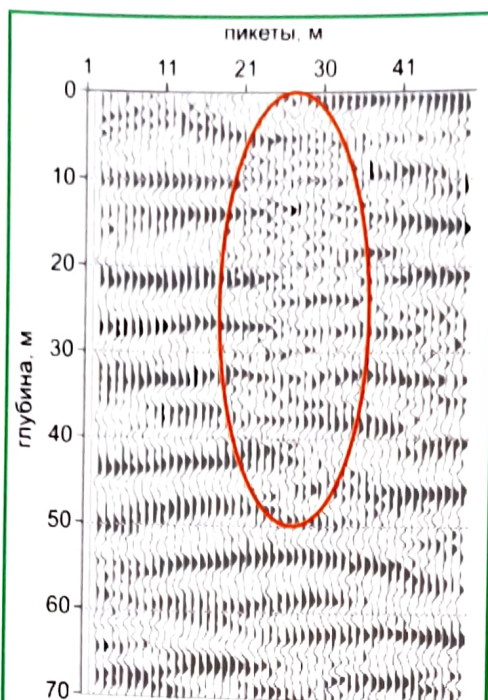


Рис. 3. Пример выделения проявлений карста по данным телеметрической системы. Красной линией обведена область нарушения корреляции отражающих сейсмических границ, соответствующая зоне развития карста

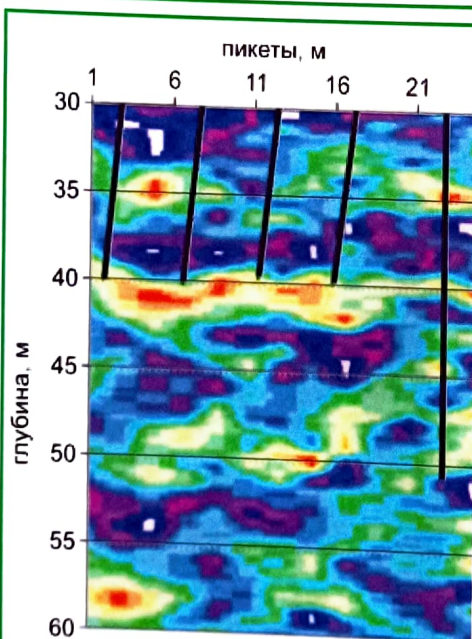


Рис. 4. Пример выявления зон разуплотнения в толще известняка мощностью 30 м на динамическом сейсмическом разрезе. Области, окрашенные в темно-синий цвет, соответствуют наиболее плотному известняку; окрашенные в красный цвет -- зонам максимального разуплотнения; увеличению степени разуплотнения соответствует «потепление» цветов. Жирными черными линиями показаны проектируемые бурона-

качества данных, полученных при полностью идентичной расстановке 48-канальной системы ТЕЛСС-3 и линейной сейсмической станции с общим пунктом возбуждения. Эксперимент был проведен на полигоне МГУ в деревне Александровка Калужской области. Как видно из сейсмограмм качество и разрешение при использовании телеметрической системы выше даже при низком уровне электромагнитных и техногенных помех.

На рисунке 2 приведен пример высокого разрешения, полученного при использовании телеметрической системы. На нем на пикетах 29-44 видны неоднородности геологической среды размером по вертикали около 2,5 м. На пикетах 75-81 выделяется зона разуплотнения размером 6 м по горизонтали и около 4 м по вертикали.

Реальные электромагнитные и техногенные помехи (от электрических кабелей, автомобилей, трамваев, метро и др.) в условиях больших городов создают существенный фон при проведении сейсмических работ, что требует для повышения величины соотношения сигнал/помеха увеличения количества накоплений полезного сигнала до 16. При этом, чтобы реализовать необходимое накопление полезного сигнала от отражающих границ, необходимо уменьшать шаг расстановки сейсμοприемников до 1 м и формировать пункты возбуждения через 2 м.

Широкие возможности телеметрических систем позволяют реализовать 3D исследования, плотные сети профилей исследований, необходимые для детального изучения наиболее ответственных объектов (опоры мостов, фундаменты высотных зданий и др.). При этом появляется возможность изучения зон разуплотнений размером 3-4 м на глубинах 20-30 м и формирования соответствующих сечений геологического разреза по соответствующим горизонтальным и вертикальным сечениями. Телеметрические системы, как наиболее помехоустойчивые, рекомендуется использовать для выполнения 4D мониторинга - как периодического мониторинга геологической среды (например, 1 раз в год), так и в непрерывном режиме контроля динамических вибраций на особо ответственных объектах.

Положительными факторами использования телеметрических систем при комплексной расстановке 96-канальной системы является возможность при регистрации полного волнового поля по

96 каналам, в дальнейшем реализовать обработку данных многоволновой сейсморазведки по технологии ОГТ по 24, 48 и 96 каналам.

Такая обработка данных позволяет детализировать верхнюю часть разреза при использовании 24 каналов, среднюю – при использовании 48 каналов и наиболее глубинную часть разреза при использовании 96 каналов.

Одной из трудностей при обработке данных ОГТ является возникновение мощного цуга поверхностных волн. Наиболее эффективным средством борьбы с данным явлением являются высокоплотная расстановка сейсмоприемников (шаг 1м) и использование фильтрации в F-k области.

Пример выделения карстово-диффузионной зоны приведен на рисунке 3. Зона выделяется на пикетах 23-33 м как зона нарушения корреляции сейсмических границ.

Выделение зон разуплотнения в известняке на глубинах 30-60 м представлены на рисунке 4. Здесь желто-красные цвета соответствуют зонам разуплотнения, а синий цвет соответствует плотным известнякам. Данные сейсмических исследований использовались для проектирования буронабивных свай.

Летом 2010 года в г.Кимры проводились полевые испытания источника возбуждения ИДД-20 «Волжанин» (ООО «Геосвип») с сейсмостанцией ТЕЛСС-3. Сейсмоприемники на профиле располагались через 2м, общее число каналов-72, пункты возбуждения через 8м. Получен глубинный сейсмический разрез с высоким разрешением до глубины 300м. (Рис.5)

Выводы:

1. Использование телеметрических регистрирующих систем позволяет существенно улучшить качество сейсмических данных и реализовать максимальную помехоустойчивость, высокое разрешение и высокую производительность работ.
2. При проведении работ с линейными сейсмическими станциями необходимо контролировать как параметры регистрирующей системы, так и параметры сейсмической косы, т.к. если не обеспечивается должный

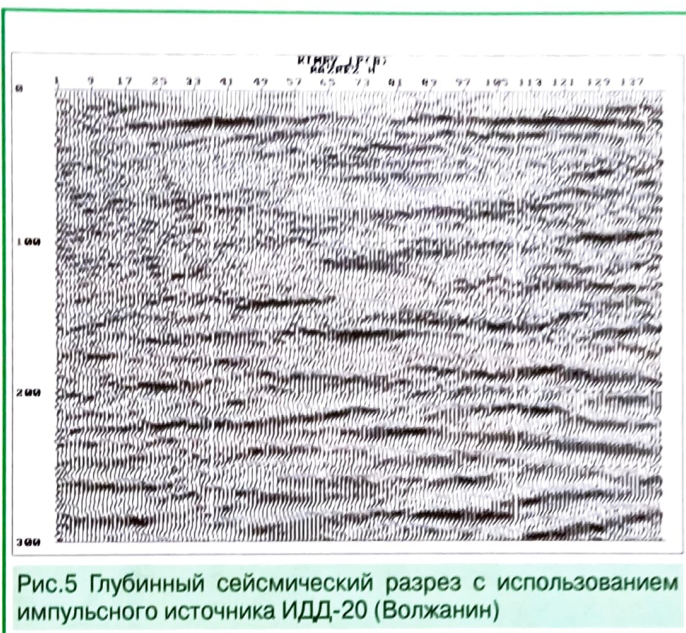


Рис.5 Глубинный сейсмический разрез с использованием импульсного источника ИДД-20 (Волжанин)

уровень значений параметров взаимного влияния каналов и собственных шумов, то качество регистрируемых данных существенно снижается.

3. Блочное построение телеметрической системы ТЕЛСС-3 при высокой надежности полевых модулей позволяет обеспечить своевременные и высокопроизводительные малоуглубинные исследования в отдаленных районах производства работ.
4. Использование телеметрической системы ТЕЛСС-3 в комплексе с одиночным электродинамическим источником ИДД-20 «Волжанин» (ООО «Геосвип») позволяет проводить сейсмические исследования до глубин 500-1000м.

Литература

1. Скворцов А.Г. Высокорастворимая сейсморазведка на поперечных волнах при изучении верхней части геологической среды. Тезисы докладов международной научно-практической конференции «Инженерная геофизика 2005». г. Геленджик, 27 марта - 2 апреля 2005 г. С. 16-18.
2. Федотов С.А. Возможности повышения эффективности малоуглубинных исследований. «Разведка и охрана» 2005. №3-4. С. 17-22.
3. Федотов А.С. ТЕЛСС-3- эффективный инструментальный для проведения сейсморазведочных работ по технологиям 2D, 3D, 4D. «Приборы и системы разведочной геофизики», № 2/2011, стр. 29-30.