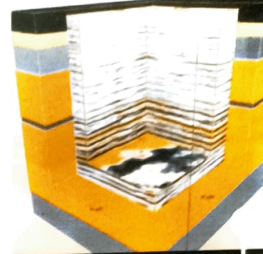


Новейшее оборудование INPUT/OUTPUT делает наземную 3-х компонентную сейсморазведку высокопроизводительной и надежной

Жгенти С.А., Смирнов Д.Н., "ИНГЕО" - сервисный центр компании INPUT/OUTPUT, INC, СНГ
Перегулов Ю.П., Petroleum Geology Research Institute, Ltd., Латвия



Очевидно, что потенциал сейсморазведки как метода изучения геологического разреза наиболее полно реализуется при совместном использовании продольных и поперечных волн. В России этот метод получил название многоволновая сейсморазведка (МВС) [1]. В результате обработки и интерпретации синхронных наблюдений волн разного типа продольных, поперечных и обменных становится возможным не только подтверждать и уточнять традиционные структурные построения, но и перейти к прогнозу физических свойств горных пород через упругие модули среды. В силу сдвиговой природы у поперечных волн есть свойство поляризуемости на границах анизотропных зон. Это позволяет успешно выделять пористые, кавернозные или трещиноватые интервалы разреза и получать количественные характеристики их коллекторских свойств.

Исследования МВС, не касаясь других очень важных и необходимых элементов метода, базируются на синхронной 3х-компонентной регистрации колебаний в каждом пункте приема. Ранее для этих целей на каждом ПП устанавливались три отдельных сейсмоприемника, образующие собой декартову систему координат (X - по направлению профиля, Y - перпендикулярно профилю и Z - вертикальное направление).

Разумеется, при таких синхронных наблюдениях по координатам X, Y, Z регистрируются волны, преимущественно продольные и поперечные, с преимущественной поляризацией вдоль профиля и перпендикулярно к нему. Но кроме того, становится возможным восстановить векторы смещения частиц в регистрируемых волнах в любой интересующий нас момент времени. Такая возможность существенна для определения направления истинной поляризации поперечных волн и последующего исследования анизотропных объектов. Среди них есть и наши "целевые объекты": пласты-коллекторы, выделяющиеся по физическим свойствам относительно вмещающих слоёв. Естественно, что точность системы координат, которая реализуется установкой одного вертикального и двух горизонтальных сейсмоприемников, определяет точность геологических результатов. Все 3-х компонентные системы приема, основанные на использовании электродинамических сейсмоприемников, обладают рядом существенных недостатков: как в части точности измерений, так и в обеспечении необходимой производительности полевых работ. Рассмотрим их.

Горизонтальные и вертикальные сейсмоприемники обладали различающимися частотными характеристиками с большим разбросом по чувствительности и сильной их зависимостью от "правильности" установки. Подготовить к работе 3х-компонентную расстановку крайне трудоемкий процесс, т.к. допуск "правильности" установки по компонентам сейсмоприемника составлял:

≤ 10 для регистрации вертикальной составляющей,

≤ 2 для горизонтальных составляющих.

Но даже если обеспечить такие допуски, мы не получали точную реализацию системы координат по следующим причинам:

- Чувствительность по разным направлениям могла быть различной и изменчивой от ПП к ПП.

- Флуктуации внутри допусков установки приводили к смещению осей наблюдений (нарушали их ортогональность), и появлялись взаимные влияния между осями.

- Аналоговый сигнал терял амплитуду (падение напряжения) при прохождении протяженных кос, что ухудшало соотношение сигнал/помеха.

- Сейсмические косы действовали как антенны для улавливания шумов и наводок ухудшалось соотношение сигнал/помеха.

- Ноль осей координат был условным, если работали 3 отдельных сейсмоприемника

- Кроме того, амплитудная и фазово-частотная характеристики электродинамических датчиков значительно и случайно изменялись в диапазоне регистрируемых частот и вносили существенные искажения в форму регистрируемых импульсов.

Практическая реализация таких полевых наблюдений требовала тройного комплекта кос и утроенной канальности системы регистрации, а "правильная" установка сейсмоприемников поглощала много времени.

Справедливости ради надо заметить, что ранее 3х-компонентные приборы изготавливались и в едином корпусе, но это решало только проблему сведения начала системы координат "в точку". В остальном, - у таких комбинированных электродинамических сейсмоприемников были такие же существенные недостатки.

По вышеперечисленным причинам необходимое качество регистрируемого материала далеко не всегда достигалось, что - в свою очередь - снижало качество получаемых результатов.

Таким образом, отсутствие надлежащего оборудования препятствовало промышленному применению МВС. А при отсутствии спроса слабо развивалось программное обеспечение по обработке и интерпретации данных МВС.

Разработка специального оборудования, позволяющего сделать 3х-компонентные наблюдения высокопроизводительными и прецизионными, заняла у компании Input/Output (США) около 10 лет.

При создании сейсмических датчиков нового поколения впервые была применена передовая технология Микро Электро Механических Систем (МЭМС).

Сам датчик МЭМС - это микроэлектро-механическое устройство, изготовленное в техническом вакууме. По физической сути это акселерометр. Чувствительным элементом является подвижная пластина конденсатора, связанная с инертными массами, которые смещаются при приеме колебаний, вызывая изменение емкости конденсатора. Для обеспечения широкого динамического диапазона прини-

Многоволновая сейсморазведка приборы и системы.

маемых колебаний использован компенсационный принцип измерения. Он хорошо зарекомендовал себя в геофизике, начиная с полуавтоматических потенциометров в каротаже и электроразведке. На конденсатор, подается компенсирующее напряжение с частотой 128 кГц, удерживающее пластину в неподвижном состоянии, причем величина напряжения пропорциональна вектору силы смещения пластины. Компенсирующее напряжение, соответствующее принимаемому сейсмическому сигналу, подается на аналого-цифровой преобразователь по 24х-разрядной Дельта-Сигма технологии. Таким образом, еще на этапе приема получается цифровой сейсмический сигнал.

МЭМС технологии позволили получить амплитудно-частотные и фазово-частотные характеристики приема принципиально нового качества (рис. 1). В этом случае они постоянны и линейны для всего используемого в сейсморазведке диапазона частот.

На основе применения описанных датчиков МЭМС, смонтированных в едином корпусе на трех ортогонально расположенных платформах, компаний Input/Output в настоящее время производится цифровой 3-компонентный сейсмический датчик, получивший название Vector-

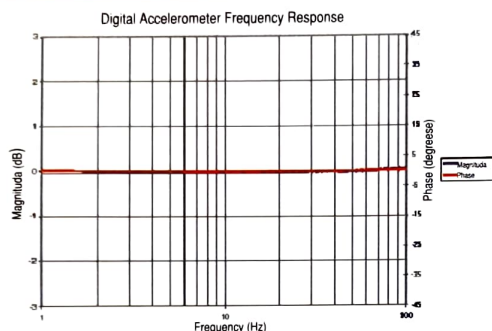


Рис. 1. Амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики датчиков VectorSeis™

Seis™ (рис. 2). VectorSeis™ обеспечивает цифровую 24-х разрядную регистрацию одной вертикальной и двух взаимоперпендикулярных горизонтальных компонент волнового поля.

В таблице 1 приведено сравнение характеристик новых датчиков VectorSeis™ и традиционных электродинамических сейсмоприемников. Сейсмические датчики нового поколения позволяют кардинально улучшить все характеристики приема.

Впервые чувствительность наземного сейсмического датчика VectorSeis не зависит от "правильности" установки. В датчике реализован

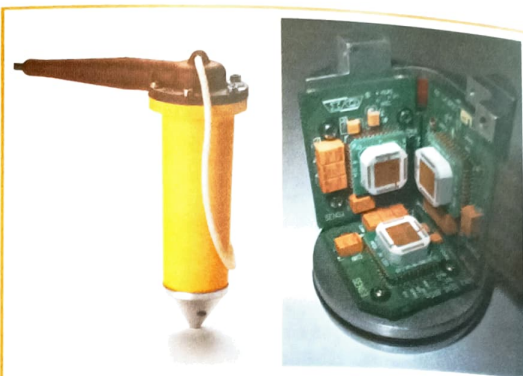


Рис. 2. Внешний вид и внутреннее устройство датчика VectorSeis™

алгоритм самостоятельного определения угла его отклонения от вертикали, а в заголовок трассы заносится поправка, которая записывается на магнитный носитель. Это революционное свойство датчиков нового поколения не только снижает трудоемкость расстановки их в поле, но и обеспечивает одинаковую чувствительность всех пунктов приема на площади работ всегда "идеальную" установку сейсмоприемника. Кроме того, в датчиках VectorSeis, в отличие от всех применявшихся ранее систем 3х-компонентного приема, идеально реализована декартова система координат, позволяющая точно восстанавливать векторы смещения частиц. Ортогональность установки датчиков обеспечивается "по условиям производства", с точностью до 0,5°. У датчиков высокая идентичность чувствительности, а взаимные влияния между осями не превышают -46 дБ. Ориентация датчиков VectorSeis по профилю реализуется быстро и просто ориентацией по профилю выходного кабеля датчика, выполненного в виде "стрелки-указателя" (рис.2). При необходимости азимутальной ориентации предлагается использовать специальную буссоль.

Необходимо отметить, что компания I/O предлагает полностью отказаться от группирования и применять для приема колебаний одиночные датчики VectorSeis. При этом в регистрируемые сигналы не вносятся никакие искажения, а для подавления низкоскоростных поверхностных помех можно применять более прогрессивные способы: например, поляризационную адаптивную фильтрацию, оператор которой рассчитывается с использованием записей двух зарегистрированных горизонтальных компонент [2]. Такой подход представляется целесообразным, особенно с учётом того, что в 3D съемках линейное группирование неэффективно "по определению", а площадное группирование (типа "звезда") не применяется из-за

Таблица 1 Сравнение характеристик электродинамических сейсмоприемников и VectorSeis™

Характеристики	VectorSeis	Аналоговые системы
Уровень искажений	0,002%	0.10%
Амплитудная неидентичность	0,30%	2.50%
Взаимное влияние по осям	Константа (-46 дБ)	Меняется с наклоном
Динамический диапазон (1,5 - 187 Гц)	110 дБ	110 дБ
Температурная стабильность	Константа	Меняется
TrueDigital™ - Промышленные наводки	Не влияют	Наводки
TrueDigital™ - Утечки	Не влияют	Чувствительны
Амплитудно-фазовая характеристика	Линейная (0 - 500 Гц)	Нелинейная (спад)

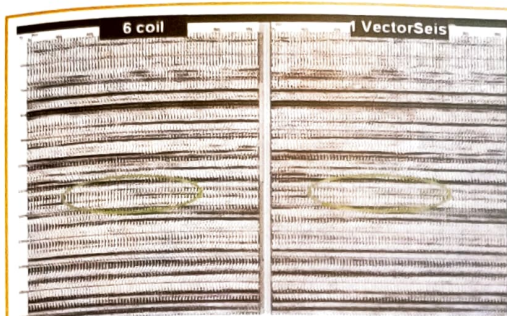


Рис. 4 Временные разрезы, полученные с группой из 6-ти сейсмоприемников и с одиночными датчиками VectorSeis™

трудоемкости практической реализации.

На рис. 4 приведены временные разрезы, полученные с применением группирования и одиночных датчиков VectorSeis. Сравнимые волновые картины практически идентичны. В то же время применение одиночных датчиков, легко ориентируемых по профилю и не требующих тщательной установки, позволяет на 25% (по данным компании Veritas/DGC, Inc.) повысить производительность полевых 3D3C наблюдений по сравнению с применением традиционных электродинамических приборов.

Для наиболее полной реализации преимуществ, заложенных в датчиках нового поколения, компания Input/Output разработала и предлагает к промышленному применению принципиально новую регистрирующую систему VECTORSEIS SYSTEM FOUR, в вариантах кабельной телеметрии (VC) или радиотелеметрии (VR). Регистрирующая система использует в качестве датчиков сейсмических колебаний

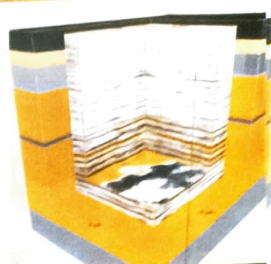
только датчики VectorSeis. Сконструированная по принципу избыточной кабельной телеметрии SMARTNET™ и избыточного сетевого питания SMARTPOWER™, с удобными "помощниками" и макрокомандами, регистрирующая система VECTORSEIS SYSTEM FOUR, позволяет быстро настраивать полевую расстановку.

Необходимо отметить, что VECTORSEIS SYSTEM FOUR по желанию заказчика может быть поставлена и без лицензии на проведение 3-компонентной съемки, что позволяет использовать все технические и технологические преимущества датчиков VectorSeis™ для регистрации только поля продольных сейсмических волн.

К настоящему времени в различных сейсмогеологических условиях и различными пользователями в мире выполнено более 60 проектов с применением описанного новейшего оборудования компании Input/Output, Inc. [3]. В том числе исследования проведены в Калининградской области, Литве, Башкирии и Татарии. Во всех случаях доказана его высокая экономическая рентабельность и информационная эффективность.

Литература

1. Многоволновые сейсмические исследования. Сборник статей под редакцией Пузырева Н.Н. "Наука", Новосибирск, 1987г.
2. MEMS for Geophysicists. Jon Tessman, Output Input, Inc., MIOGE-2002.
3. Adaptive Vector Filters for Ground Roll Reduction. Russell Kappius, IO Green Mountain, Inc., Gary Crews, Input/Output, Inc., CSEG Geophysics 2002.
4. Next Generation Multicomponent Seismic Solutions. Jon Tessman, Output Input, Inc., SEG-2002.



ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИСТОЧНИК

ГЕОТОН



УСПЕХИ НАШИХ ПАРТНЁРОВ ЭТО НАШИ УСПЕХИ

