**Технология полевых сейсморазведочных работ и нормативная база для выполнения сейсмического микрорайонирования**

Сейсморазведка методом КМПВ - модификация метода преломленных волн, основанная на регистрации первых и последующих вступлений преломлённых волн. При помощи КМПВ определяются глубины, форма сейсмических преломляющих границ и скорость распространения вдоль них упругих волн (граничная скорость -- Vr) в интервале глубин от нескольких м до десятков км. КМПВ основан на регистрации головных волн. При падении волны под критическим углом на пласт, скорость прохождения волн в котором больше, чем в вышележащей среде (V 1 < V2), падающая волна образует в нем скользящую волну, распространяющуюся вдоль его верхней границы. Ее движение вызывает вторичную - головную волну, которая возвращается к поверхности земли и может быть зарегистрирована. Методика и техника КМПВ, разработанная под руководством академика Г.А. Гамбурцева в 40-х гг., базируется на регистрации преломленных (головных) волн, но близка к методу отраженных волн (МОВ). Основные особенности КМПВ: на сейсмограммах используется время не только первых вступлений, но и время прихода последующих гр. преломленных волн; как и в МОВ, при КМПВ используются принципы фазовой корреляции волн; выбор системы наблюдений подчиняется требованию корреляционных полных систем годографов; в КМПВ широко используются динамические признаки сейсмических волн для проведения фазовой корреляции и идентификации волн и с целью изучения особенностей строения среды. При полевых работах КМПВ применяются стандартные и специализированные многоканальные сейсмические станции.

В настоящее время в основном применяют системы многократных перекрытий (СМП), обеспечивающей суммирование по общей глубинной точке (ОГТ), и тем самым резкое повышение соотношения сигнал/помеха. Применение не продольных профилей сокращает затраты на полевые работы и резко повышает технологичность полевых работ.

В настоящее время практически используются только полные корреляционные системы наблюдений, позволяющие проводить непрерывную корреляцию полезных волн.

При рекогносцировочной съемке и на стадии опытных работ с целью предварительного изучения волнового поля в районе исследований применяют сейсмозондирования. Система наблюдений при этом должна обеспечивать получение информации о глубинах и углах наклона исследуемых отражающих границ, а также определение эффективных скоростей. Различают линейные, представляющие собой короткие отрезки продольных профилей, и площадные (крестовые, радиальные, круговые) сейсмозондирования, когда наблюдения производят на нескольких (от двух и более) пересекающихся продольных или не продольных профилях.

Из линейных сейсмозондирований наибольшее применение получили зондирования общей глубинной точки (ОГТ), представляющие собой элементы системы многократного профилирования. Взаимное расположение пунктов возбуждения и участков наблюдений выбирают таким образом, чтобы записывались отражения от одного итого же участка изучаемой границы. Получаемые при этом сейсмограммы монтируют.

На системах многократного профилирования (перекрытия) основан метод общей глубинной точки, при котором используют центральные системы, системы с изменяющимся пунктом взрыва в пределах базы приема, фланговые односторонние без выноса и с выносом пункта взрыва, а также фланговые двухсторонние (встречные) системы без выноса и с выносом пункта взрыва.

Наиболее удобны для производственных работ и обеспечивают максимальную производительность системы, при реализации которых база наблюдений и пункт возбуждения смещаются после каждого взрыва в одном направлении на равные расстояния.

Для прослеживания и определения элементов пространственного залегания крутопадающих границ, а также трассирования тектонических нарушений целесообразно применить сопряженные профили которые почти параллельны, а расстояние между ними выбирают из расчета обеспечения непрерывной корреляции волн, они составляют 100-1000 м.

При наблюдении на одном профиле ПВ располагают на другом, и наоборот. Такая система наблюдений обеспечивает непрерывную корреляцию волн по сопряженным профилям.

Многократное профилирование по нескольким (от 3 до 9) сопряженным профилям составляет основу способа широкого профиля. Пункт наблюдения при этом располагают на центральном профиле, а возбуждения производят последовательно с пунктов, находящихся на параллельных сопряженных профилях. Кратность прослеживания отражающих границ по каждому из параллельных профилей может быть различной. Общая кратность наблюдений определяется произведением кратности по каждому из сопряженных профилей на их общее число. Увеличение затрат на проведение наблюдений по столь сложным системам оправдывается возможностью получения информации о пространственных особенностях отражающих границ.

Площадные системы наблюдений, построенные на основе крестовой расстановки, обеспечивают площадную выборку трасс по ОГТ за счет последовательного перекрытия крестообразных расстановок, источников и приемников, Если шаг источников дy и сейсмоприемников дx одинаков, а сигналы, возбуждаемые в каждом источнике, принимаются всеми сейсмоприемниками, то в результате такой обработки формируется поле из 576 средних точек. Если последовательно смещать расстановку сейсмоприемников и пересекающую ее линию возбуждения вдоль оси x на шаг дx и повторить регистрацию, то в результате будет достигнуто 12-кратное перекрытие, ширина которой равна половине базы возбуждения и приема вдоль оси y на шаг дy достигается дополнительное 12-кратное перекрытие, а общее перекрытие составит 144.

На практике применяют более экономичные и технологичные системы, например 16-кратную. Для ее реализации используют 240 каналов записи и 32 пункта возбуждения, Показанное на рис.6 фиксированное распределение источников и приемников называют блоком, После приема колебаний от всех 32 источников блок смещают на шаг дx, вновь повторяют прием от всех 32 источников и т.д. Таким образом, отрабатывают всю полосу вдоль оси x от начала идо конца площади исследований. Следующую полосу из пяти линий приема размещают параллельно предыдущей таким образом, чтобы расстояние между соседними (ближайшими) линиями приема первой и второй полос равнялось расстоянию между линиями приема в блоке. В этом случае линии источников первой и второй полос перекрываются на половину базы возбуждения и т.д. Таким образом, в данном варианте системы линии приема не дублируются, а в каждой точке источника сигналы возбуждаются дважды.

Сети профилирования

Для каждой разведочной площади существует предел числа наблюдений, ниже которого невозможно построение структурных карт и схем, а также верхний предел, выше которого точность построений не увеличивается. На выбор рациональной сети наблюдений влияют следующие факторы : форма границ, диапазон изменения глубин залегания, погрешности измерения в точках наблюдения, сечения сейсморазведочных карт и другие. Точные математические зависимости пока не найдены в связи с чем пользуются приближенными выражениями.

Различают три стадии сейсморазведочных работ : региональную, поисковую и детальную. На стадии региональных работ профили стремятся направлять в крест простирания структур через 10-20 км. От этого правила отступают при проведении связующих профилей и увязке со скважинами.

При поисковых работах расстояние между соседними профилями не должно превышать половины предполагаемой длины большой оси исследуемой структуры, обычно оно составляет не более 4 км. При детальных исследованиях густота сети профилей в разных частях структуры различна и не превышает обычно 4 км. При детальных исследованиях густота сети профилей в разных частях профилей различна и не превышает обычно 2 км. Сеть профилей сгущают в наиболее интересных местах структуры (свод, линии нарушения, зоны выклинивания и т.д.). Максимальное расстояние между связующими профилями не превышает удвоенного расстояния между разведочными профилями. При наличии разрывных нарушений на площади исследования в каждом из крупных блоков усложняют сеть профилей для создания замкнутых полигонов. Если размеры блоков небольшие, то проводят только связующие профили, Соляные купола разведывают по радиальной сети профилей с их пересечением над сводом купола, связующие профили проходят по периферии купола, связующие профили проходят по периферии купола.

При проведении сейсмических на площади, где ранее выполнялись сейсмические исследования, сеть новых профилей должна частично повторять старые профили для сопоставления качества старого и нового материалов, При наличии на изучаемой площади скважин глубокого бурения они должны быть увязаны в общей сети сейсмических наблюдений, и пункты взрыва и приема должны располагаться вблизи скважин.

Возбуждение колебаний осуществляется с помощью взрывов (заряды ВВ или линии ДШ) или невзрывных источников.

Способы возбуждения колебаний выбираются в соответствии с условиями, задачами и методикой проведения полевых работ.

Оптимальный вариант возбуждения выбирается на основании практики предшествующих работ и уточняется путём изучения волнового поля в процессе опытных работ.

*Возбуждение взрывными источниками*

Взрывы производятся в скважинах, шурфах, в щелях, на поверхности земли, в воздухе. Применяется только электрический способ взрывания.

При взрывах в скважинах наибольший сейсмический эффект достигается при погружении заряда ниже зоны малых скоростей, при взрыве в пластичных и обводненных породах, при укупорке зарядов в скважинах водой, буровым раствором или грунтом.

Выбор оптимальных глубин взрыва осуществляется по наблюдениям МСК и результатам опытных работ

В процессе полевых наблюдений на профиле следует стремиться поддерживать постоянство (оптимальность) условий возбуждения.

С целью получения разрешенной записи масса одиночного заряда выбирается минимальной, но достаточной (с учетом возможного группирования взрывов) для обеспечения необходимой глубинности исследований. Группирование взрывов следует применять при недостаточной эффективности одиночных зарядов. Правильность выбора массы зарядов периодически контролируется.

Заряд ВВ должен опускаться на глубину, отличающуюся от заданной не более чем на 1 м.

Подготовка, погружение и взрывание заряда производятся после соответствующих распоряжений оператора. Об отказе или неполном взрыве взрывник обязан немедленно сообщить оператору.

По окончании взрывных работ оставшиеся после взрыва скважины, котлованы и ямы должны быть ликвидированы в соответствии с "Инструкцией по ликвидации последствий взрыва при сейсморазведочных работах"

При работах с линиями детонирующего шнура (ЛДШ) источник целесообразно размещать вдоль профиля. Параметры такого источника - длина и число линий - выбираются исходя из условий обеспечения достаточной интенсивности целевых волн и допустимых искажений формы их записей (длина источника не должна превышать половины минимальной кажущейся длины волны полезного сигнала). В ряде задач параметры ЛДШ выбираются с целью обеспечения нужной направленности источника.

Для ослабления звуковой волны рекомендуется линии детонирующего шнура заглублять; зимой - присыпать снегом.

При проведении взрывных работ должны соблюдаться требования, предусмотренные "Едиными правилами безопасности при взрывных работах".

Для возбуждения колебаний в водоемах применяются только невзрывные источники (установки газовой детонации, пневматические источники и др.).

При невзрывном возбуждении используются линейные или площадные группы синхронно работающих источников. Параметры групп - количество источников, база, шаг перемещения, число воздействий (на точке) - зависят от поверхностных условий, волнового поля помех, необходимой глубины исследований и выбираются в процессе опытных работ

При проведении работ с невзрывными источниками необходимо соблюдать идентичность основных параметров режима каждого из работающих в группе источников.

Точность синхронизации должна соответствовать шагу дискретизации при регистрации, но быть не хуже 0,002 с.

Возбуждение колебаний импульсными источниками производится по возможности на плотных утрамбованных грунтах с предварительным выполнением уплотнительного удара.

Глубина "штампа" от ударов плиты при рабочем возбуждении источников не должна превышать 20 см.

При проведении работ с невзрывными источниками должны неукоснительно соблюдаться правила техники безопасности и ведения работ, предусмотренные соответствующими инструкциями по безопасному ведению работ с невзрывными источниками и техническими инструкциями по эксплуатации.

Возбуждение поперечных волн осуществляется с помощью горизонтально либо наклонно направленных ударно-механических, взрывных или вибрационных воздействий

Для реализации селекции волн по поляризации в источнике на каждом пункте производят воздействия, различающиеся направлением на 180о.

Отметка момента взрыва или удара, а также вертикального времени должна быть четкой и устойчивой, обеспечивающей определение момента с погрешностью не более шага дискретизации.

Если на одном объекте работы проводятся с различными источниками возбуждения (взрывы, вибраторы и пр.), должно быть обеспечено дублирование физических наблюдений с получением в местах смены источников записей от каждого из них.

*Возбуждение импульсными источниками*

Многочисленный опыт работ с поверхностными импульсными излучателями показывает, что необходимый сейсмический эффект и приемлемые соотношения сигнал/помеха достигаются при накоплении 16-32 воздействий. Это число накоплений эквивалентно взрывам зарядов тротила массой всего 150-300 г. Высокая сейсмическая эффективность излучателей объясняется большим коэффициентом полезного действия слабых источников, что делает перспективным их применение в сейсморазведке, особенно в способе ОГТ, когда на этапе обработки происходит N-кратное суммирование, обеспечивающее дополнительное повышение соотношения сигнал/помеха.

Под действием многократных импульсных нагрузок при оптимальном числе воздействий в одной точке упругие свойства грунта стабилизируются и амплитуды возбуждаемых колебаний остаются практически неизменными. Однако при дальнейшем приложении нагрузок разрушается структура грунта и амплитуды уменьшаются. Чем больше давление на грунт д, тем при большем числе воздействий Nк амплитуда колебаний достигает максимума и тем меньше пологий участок кривой А=?(n). Число воздействий Nк, при котором начинает уменьшаться амплитуда возбуждаемых колебаний, зависит от структуры, вещественного состава и влажности пород и для большинства реальных грунтов не превышает 5-8. При импульсных нагрузках, развиваемых газодинамическими источниками, особенно велика разница амплитуд колебаний, возбуждаемых первым (А1) и вторым (А2) ударами, величина отношения которых А2/А1 может достигать значений 1,4-1,6. Отличия между величинами А2 и А3, А3 и А4 и т.д. значительно меньше. Поэтому при использовании наземных источников первое воздействие в заданной точке не суммируется с остальными и служит лишь для предварительного уплотнения грунта.

Перед производственными работами с использованием невзрывных источников на каждой новой площади проводят цикл работ по выбору оптимальных условий возбуждения и регистрации сейсмических волновых полей.

При импульсном возбуждении всегда стремятся создать в источнике резкий и короткий по времени импульс, достаточный для образования интенсивных волн, отраженных от исследуемых горизонтов. Сильными средствами воздействия на форму и длительность этих импульсов во взрывных и ударных источниках мы не располагаем. Не располагаем мы также высокоэффективными средствами воздействия на отражающие, преломляющие и поглощающие свойства горных пород. Однако сейсморазведка располагает целым арсеналом методических приемов и технических средств, позволяющих в процессе возбуждения и особенно регистрации упругих волн, а также в процессе обработки полученных записей наиболее ярко выделить полезные волны и подавить мешающие их выделению волны-помехи. С этой целью используются различия в направлении прихода волн разного типа к земном поверхности, в направлении смещения частиц среды за фронтами приходящих волн, в частотных спектрах упругих волн, в формах их годографов и т. п.

Упругие волны регистрируются комплектом достаточно сложной аппаратуры, монтируемой в специальных кузовах, устанавливаемых на высоко проходимых транспортных средствах - сейсмических станциях.

Комплект приборов, регистрирующих колебания почвы, вызванные приходом упругих волн в той или иной точке земной поверхности, называют сейсморегистрирующим (сейсмическим) каналом. В зависимости от числа точек земной поверхности, в которых одновременно регистрируется приход упругих волн, различают 24-, 48-канальные и более сейсмостанции.

Начальным звеном сейсморегистрирующего канала является сейсмоприемник, воспринимающий колебания почвы, обусловленные приходом упругих волн и преобразующий их в электрические напряжения. Так как колебания почвы очень малы, электрические напряжения, возникающие на выходе сейсмоприемника, перед регистрацией усиливаются. С помощью пар проводов напряжения с выхода сейсмоприемников подаются на вход усилителей, смонтированных в сейсмостанции. Для соединения сейсмоприемников с усилителями используется специальный многожильный сейсмический кабель, который обычно называют сейсмической косой.

Сейсмический усилитель представляет собой электронную схему, усиливающую подаваемые на его вход напряжения в десятки тысяч раз. Он может с помощью специальных схем полуавтоматических либо автоматических регуляторов усиления или амплитуд (ПРУ, ПРА, АРУ, АРА) усиливать сигналы. Усилители включают специальные схемы (фильтры), позволяющие необходимые частотные составляющие сигналов усиливать максимально, а другие - минимально, т. е. осуществлять их частотную фильтрацию.

Любая сейсморегистрирующая аппаратура вносит некоторые искажения в записываемый колебательный процесс. Для выделения и отождествления однотипных волн на соседних трассах необходимо, чтобы вносимые в них искажения на всех трассах были одинаковыми. Для этого все элементы регистрирующих каналов должны быть идентичны друг другу, а вносимые ими искажения в колебательный процесс - минимальными.

При проведении сейсморазведочных работ в целях сейсмического микрорайонирования необходимо опираться на следующую нормативную базу:

 СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах (актуализированная версия СНиП II-7-81);

 СП 11-105-97. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-геологические изыскания для строительства;

 РСН 65-87. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ;

 РСН 60-86. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ.