

О важности подбора параметров съемки до начала полевых работ

■ Цуцаев Г.В., Недоступов А.З., Шарафутдинов Т.Р., Петротрейс Сервисиз, г. Москва

Аннотация. Подбор параметров сейсмической съёмки на этапе планирования является важной вехой для всего дальнейшего процесса обработки и интерпретации сейсморазведочных данных. Игнорирование тщательного подбора параметров может привести к системным проблемам, неустранимым на этапе обработки и усложняющим этап интерпретации. Для успешного подбора параметров предлагается подход с различными тестами и испытаниями для выявления оптимальных с точки зрения качества и финансовых затрат результатов работы.

Ключевые слова: планирование сейсморазведочных работ, обработка и интерпретация сейсморазведочных данных, опытные работы, полевые сейсморазведочные работы.

Планирование сейсморазведочных работ – это важный этап, задающий тон всем последующим процессам вплоть до представления результатов интерпретации Заказчику. Ведь планирование определяет ключевые параметры возбуждения и приёма сигнала, которые, в свою очередь, обуславливают насколько сильны будут отклонения параметров принятого сигнала от истинного. Помехи, разумеется, тоже оказывают своё влияние на качество сигнала, однако борьба с ними на этапе обработки достаточно сильно отлажена и даёт в большинстве случаев приемлемые результаты. От планирования же зависит форма и частотный состав сигнала, скорость выполнения полевых работ, вероятность ошибки на этапе обработки и вероятность точной интерпретации конечных результатов.

Зачастую параметры сейсмической съёмки подбираются сотрудниками, которые не являются опытными профессионалами в сейсморазведке. Это могут быть такие специалисты, как:

- экономисты, рассчитывающие, в основном, максимальную прибыль при минимальных расходах;
- геологи, ориентирующиеся на параметры последней рассматриваемой площади работ;

- представители Подрядчика, стремящиеся свести свои затраты к минимуму.

Соответственно, и подбор параметров при планировании осуществляется ими из расчёта финансовой целесообразности, устаревших инструкций по проведению сейсморазведочных работ или же из опыта работы с предыдущими съёмками (с формулировкой из области: «соседнюю площадь отстреляли, получили приемлемые результаты, получили нефтеносные скважины, значит, и на данной площади получится»). В то же время очень важно определить уникальные параметры сейсмической съёмки данного участка для дальнейшего успеха отстрела, обработки и интерпретации данных. Шаг между пунктами приёма (ПП) и пунктами возбуждения (ПВ), глубина скважины, ширина спектра сигнала или максимальное удаление определяют то, насколько сигнал будет выражен на фоне помехи, высокочастотен, и как глубоко мы сможем определить сейсмические данные с достаточной точностью.

Перечислим основные параметры планирования сейсмической съёмки, к которым особенно чувствительны конечные данные:

- Шаг между ПП и ПВ, линиями ПП и ПВ;

- Максимальное удаление;
- Тип группирования сейсмоприёмников;

При взрывном типе возбуждения:

- Глубина заложения заряда;
- Масса заряда.

При вибрационном типе возбуждения:

• Параметры свип-сигнала (min и max частоты, длительность возбуждения, линейность сигнала и т.п.);

- Количество вибраторов на одном ПВ;
- Методика вибрационного возбуждения.

Разберём каждый из перечисленных параметров в контексте влияния на качество конечного материала.

1. Шаг между ПП и ПВ, линиями ПП и ПВ.

Стандартные инструкции по планированию сейсморазведочных работ рекомендуют при выборе параметра шага между ПП и ПВ опираться на опыт разведки в данном регионе, а также на минимальный размер объектов. Однако кроме этого, следует учитывать и возможность последующей широко- и полноазимутальной обработки и интерпретации данных. Даже если геологическое задание не предполагает этого пункта, данная площадь в дальнейшем может подвергнуться переобработке в т.ч. с применением широко- и полноазимутальных технологий. В этом случае шаг между ПП и ПВ / линиями ПП и ПВ следует принимать одинаковыми для эффективного распределения трасс по классам удаления-азимут.

2. Максимальное удаление.

Для получения надежных данных на необходимой нам глубине следует выбрать правильное значение максимального удаления. Обычно максималь-

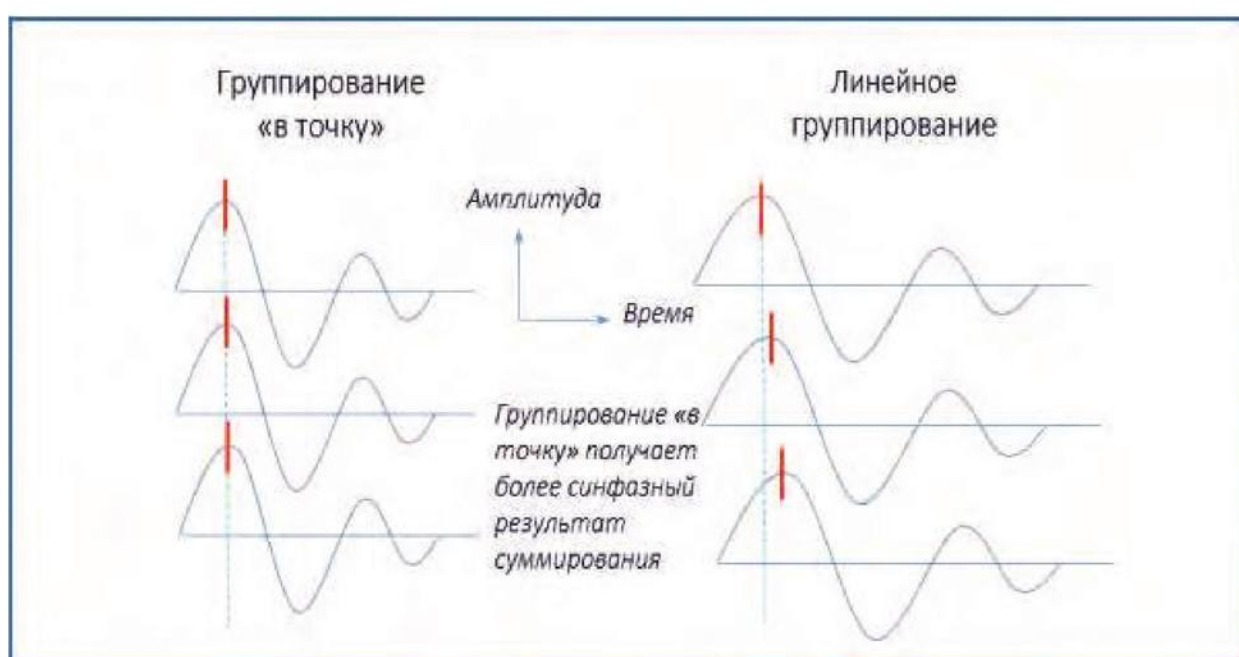
ное удаление выбирается в размере примерно сопоставимом со средней глубиной самого нижнего целевого горизонта. Т.е., если самый нижний целевой горизонт расположен на глубине примерно 3000 метров, то и максимальное удаление должно быть 3000 метров. Однако на практике такой подход может подвести в случае, если у этого горизонта случатся «провалы», т.е. неожиданные увеличения глубины. Данные в таком случае могут в этих местах исказиться из-за того, что лишь малая часть сигнала сможет отразиться от такого «провала». Кроме того, расчёт структурных и динамических свойств горных пород по сейсмическим данным зачастую связан с определением степени изменения этих свойств по сравнению с окружающими породами. Таким образом, отсутствие надёжной информации о породах, подстилающих целевой горизонт, может исказить и свойства самого целевого горизонта. Для устранения этих возможных ошибок следует увеличивать максимальное удаление на 100-200 метров по сравнению с глубиной последнего целевого горизонта.

3. Тип группирования сейсмоприёмников.

Обычно типы группирования выбирают между методами под названием «линейный» и «в точку». «Линейный» предполагает постановку сейсмоприёмников в линию, длина которой может достигать шага между ПП. Это делается для того, чтобы устранить или ослабить влияние вертикально приходящих помех. Метод установки «в точку» предполагает постановку сейсмоприёмников непосредственно на точке ПП в радиусе одного метра. В таком случае может увеличиться амплитуда вертикально приходящей помехи, но в то же время



▲ Рис. 1. Схема регистрации вертикально приходящей волны при разных типах группирования сейсмоприёмников.



▲ Рис. 2. Схема суммирования сигналов при разных типах группирования сейсмоприёмников.

повышаются частота и точность регистрации амплитуды на результирующей трассе.

В современной сейсморазведке следует применять технологию постановки сейсмоприёмников «в точку», поскольку величина амплитуды вертикально приходящей помехи не столь велика и может устраняться на этапе обработки (рис. 1). В то же время высокие частоты, потерянные из-за линейного группирования, не будут восстановлены на этапе обработки, т.к. результирующая трасса получается из суммы данных

сейсмоприёмников одного ПП (рис. 2). Также, установка приёмников «в точку» будет происходить в полевых условиях немного быстрее.

Для наилучших результатов компании-Подрядчику следует заменить устаревшие типы сейсмоприёмников на новые одноканальные, которые требуется устанавливать по одному на ПП. Несмотря на значительные затраты подобного мероприятия, это позволит уменьшить уровень помех и время смотки/размотки оборудования за счёт усовершенствования новых сейсмоприёмников.

4. Глубина заложения заряда.

Согласно большинству проектов сейсморазведочных работ, глубина заложения заряда в неглубокую скважину определяется на этапе опытных работ. Тестируются глубины приблизительно на известном уровне контакта рыхлых / плотных пород, с тем, чтобы погрузить заряд в плотные. Например, если глубина контакта приблизительно равна 15 метрам, то тестироваться будут глубины от 10 до 20 метров.

Однако в таком тестировании кроется и затруднение. Для наиболее точного определения оптимальной с точки зрения затраты/качество глубины требуется провести серию испытаний на глубинах существенно выше (в данном примере 30 метров) и существенно ниже (5 метров) предполагаемой глубины заложения. Это позволяет получить статистические данные широкого диапазона, которые способны лучше отразить динамику изменения частотной и амплитудной составляющих сигнала и помехи.

Представим себе, что контакт был зафиксирован на глубине в 16 метров. В соответствии с длиной шнека в 1.5 метра Подрядчик предлагает осуществлять заложение на 16.5 метрах исходя из хорошего качества сигнала на этой глубине. Однако реальная глубина заложения может измениться в меньшую сторону при производственном бурении по следующим причинам:

а. Из-за пластичности пород заряд может выталкиваться наверх на 1-5 метров;

б. Глубина контакта рыхлых/плотных пород может быть глубже в некоторых местах на 1-2 метра;

в. Буровые бригады могут «недобурить» последний шнек до конца или же вовсе его пропустить для экономии времени и получения повышенной премии.

Из-за этих причин вместо необходимых нам 16.5 метров реальная глубина заряда уменьшается, и подрыв может быть произведён в рыхлых породах, что существенно скажется на качестве сигнала. В то же время нет чётких регламентов, позволяющих забраковать такие сейсмограммы, если они проходят критерии соотношения сигнал/помеха, а любой день простоя может привести к существенному удорожанию работ.

В связи с этим рекомендуется выбирать глубину заложения заряда на 1 шнек больше, чем величина, определённая на опытных работах (рис. 3).

5. Масса заряда.

Как известно, масса заряда прямо пропорциональна амплитуде сигнала (до определённого уровня) и обратно пропорциональна доминантной (пиковой) частоте записи. Чаще всего соблюдают баланс между этими параметрами, выбирая массу заряда не слишком боль-

▼ Рис. 3. Возможная ошибка при выборе глубины заложения заряда в скважину.



шую и не слишком маленькую. Однако следует учитывать, что уменьшение амплитуды сигнала и, соответственно, соотношения сигнал/помеха является более легко устранимой проблемой, нежели уменьшение доминантной частоты и, соответственно, вклада высоких частот на сейсмограмме. Поэтому если встаёт вопрос о применении больших масс зарядов (1-2 кг) для усиления соотношения сигнал/помеха (к примеру, с 5 до 10), то лучше не применять такой подход, поскольку это значительно уменьшит высокие частоты сигнала (на 10-20 Гц). Современные же средства обработки, как было упомянуто ранее, позволяют подавить помехи различными путями со значительной эффективностью, в то время как увеличение временной разрешённости всегда упирается в необходимость наличия чем большего количества высоких частот, тем лучше.

6. Параметры свип-сигнала.

Определение параметров управляющего (свип-) сигнала зачастую сводится к тестированию значения минимальной и максимальной частоты в небольших диапазонах, а также длительности сигнала. В то же время остальные параметры управляющего сигнала могут значительно повлиять на качество конечных данных. К таким параметрам и их эффектам на сигнал относятся:

а. Развёртка сигнала вверх или вниз – от нижних частот к верхним или наоборот;

б. Линейность сигнала – постоянность скорости изменения частоты на различных участках. Можно изменять частоты от средних к верхним заметно медленнее, чем от нижних к средним.

в. Длительность «скоса» - периода набора заданной мощности в начале и её снижения в конце свип-сигнала.

Все эти параметры имеют важное значение для вклада высоких частот и корреляционного шума в результирующую запись. Необходимо протестировать каждый из этих параметров для получения результатов, однозначно указывающих на то, какие из них будут предпочтительнее. Ведь в отличие от взрывного типа возбуждения, где исходный сигнал неизвестен, здесь мы можем непосредственно управлять тем, какие именно амплитуды и частоты, в какой мере и сколько времени мы будем посылать в землю с целью получить их на выходе.

7. Количество вибраторов и накоплений на одном пункте возбуждения.

Данный параметр позволяет регулировать соотношение сигнал/помеха, в котором сигнал остаётся постоянным, а помеха сокращается из-за несинфазного суммирования. В то же время необходимо обращать внимание на то, что при большом количестве накоплений происходит увеличение уровня длительных по времени помех – например, ветра. Также слишком большое количество накоплений приведёт к значительному увеличению времени проведения полевых работ и, соответственно, финансовых затрат Подрядчика. Во избежание этого, требуется:

а. Тестировать количество вибраторов и накоплений на разных грунтах и в разную погоду (если возможно);

б. Не «гнаться» за очень высоким соотношением сигнал/помеха (к примеру, 20 – достаточно и 5 или 10);

в. Делать уплотнения перед записью накоплений (1-2 вибрации без записи) в особенности на мягких грунтах. Это необходимо для того, чтобы впоследствии не делать больше накоплений для нивелирования слабого сигнала от первых вибраций.

Методика	Достоинства	Недостатки
Стандартный свип	Возможность использовать максимальное количество вибраторов — усиление сигнала.	Длительное время использования по сравнению с другими методами.
Флип-флоп	Время переезда компенсируется, существенно уменьшается время сейсморазведочных работ.	1. Небольшие помехи от соседней группы вибраторов 2. Использование не более половины имеющегося количества вибраторов
Слип-свип	1. Дополнительное уменьшение времени сейсморазведочных работ. 2. Значительное увеличение кратности 3. Возможное увеличение присутствия высокочастотной компоненты на конечных разрезах.	1. Сложность исполнения полевых работ. 2. Использование небольшого количества вибраторов. 3. Невозможность использования нескольких накоплений или уплотнения 4. Уменьшение качества отдельных сейсмограмм 5. Усложнение работ по обработке и интерпретации

▲ Табл. 1. Сравнение методик вибрационного возбуждения

8. Методика вибрационного возбуждения.

Выбор методики вибрационного возбуждения должен базироваться на проведении опытных работ, которые и покажут преимущества и недостатки тех или иных методик. Например, при стандартном свипе мы получим максимально сильный сигнал, а при флип-флопе — уменьшенное время работ. Требуется вдумчиво проследить изменения на сейсмограммах, оценить погодные условия и время, отведённое на полевые работы, и принять решения, взвесив все факторы (табл. 1).

Данная статья перечисляет лишь основные источники проблем при выборе параметров полевых работ. Вывод заключается в том, что подход к выбору должен быть комплексным, на основании результатов опытных работ и тестирования, желательно с присутствием представителей Заказчика, предполагаемого Подрядчика, супервайзера, обработчика и интерпретатора данных. Только учитывая требования каждого специалиста, можно получить проект сейсморазведочных работ, который с высокой вероятностью на выходе получит достоверные результаты интерпрета-

ции без каких-либо задержек или ошибок, сделанных в результате недостатков изначальных сейсмограмм.

Подробнее об авторах



Цуцаев
Георгий Владимирович
геофизик 2 категории
ООО «Петротрейс
Сервисиз»



Недоступов
Амиран Зурабович
главный геофизик
ООО «Петротрейс
Сервисиз»



Шарафутдинов
Тимур Рамилевич
генеральный директор
ООО «Петротрейс
Сервисиз», кандидат
технических наук